Universidade do Minho
Escola de Ciências

Joana Maria Guimarães de Oliveira

Estudo da Qualidade do Ar: uma abordagem participativa para alunos do Ensino Secundário

Tese de Mestrado em Ciências do Ambiente,
variante de Ensino

Trabalho efectuado sob a orientação do
Doutor Senentxu Lanceros-Mendez

Julho de 2009

DECLARAÇÃO

Nome: Joana Maria Guimarães de Oliveira

Endereço electrónico: joanaoliveira@ese.ipvc.pt

Telefone: 962783898

Número do Bilhete de Identidade: 11241949

Título dissertação: Estudo da Qualidade do Ar: uma abordagem participativa para alunos do Ensino Secundário

Orientador: Doutor Senentxu Lanceros-Mendez

Ano de conclusão: 2009

Designação do Mestrado: Ciências do Ambiente, variante de Ensino

Universidade do Minho, 14/07/2009

Assinatura: ____

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a importante colaboração de diversas pessoas, às quais gostaria de deixar o meu agradecimento:

Ao Professor Doutor Senentxu Lanceros-Méndez pelos seus conselhos oportunos, pelo apoio e simpatia com que orientou o meu trabalho.

Ao meu amigo José Teixeira pelas longas horas que me acompanhou na exploração do AM510 SidePak.

À professora Aurora Teixeira pela disponibilidade, incentivo e sapiência enquanto docente de ciências no Ensino Secundário.

Ao meu colega João Pereira pela paciência com que me ajudou a resolver alguns problemas informáticos.

Aos meus alunos, sem os quais não faria sentido ser professora.

A todos os meus amigos por todo o tempo que não me foi possível estar com eles.

À minha avó Gracinda por ser assim como ela é, sempre no meu coração.

Aos meus pais, irmã e tios por todo o apoio e carinho com que acompanham e serenam a minha vida.

À Beta, pela companhia sempre presente enquanto trabalhava em casa.

Ao Rui, por ser o meu outro eu. Companheiro de todas as viagens.

A uma grande amiga, a quem dedico este trabalho, uma “guardadora de rebanhos” paciente e doce que incansavelmente me deu alento e me ajudou nesta caminhada.

Before you finish eating breakfast this morning,
you've depended on more than half the world.
Martin Luther King

Estudo da Qualidade do Ar: uma abordagem participativa para alunos do Ensino Secundário

RESUMO

Este trabalho, integrado no Projecto *EuroLifeNet/Ciência Viva – Aprendendo/exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar*, visa contribuir para uma dinâmica inovadora no ensino experimental das ciências, no ensino secundário, baseada na cidadania participada, dentro e fora da sala de aula, ao mesmo tempo que pretende tornar aliciante o estudo de conteúdos relacionados com as ciências, fazendo com que o aluno compreenda que o que ele aprende na sala de aula tem aplicação no seu quotidiano.

Nesse sentido fez-se um enquadramento teórico sobre o ensino das ciências, em particular no caso do ensino secundário português, delinearam-se os pressupostos e a metodologia e elaborou-se uma proposta didáctica anual para aplicação em Área de Projecto. De seguida foi elaborado, testado e reformulado o material didáctico de apoio ao projecto, sobre Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica. O material elaborado contém quatro propostas de actividades distintas que implicam uma atitude activa do aluno no trabalho e na aquisição do conhecimento. A proposta A contém duas actividades que têm como objectivo motivar os alunos para o estudo da Poluição Atmosférica. A Proposta B remete os alunos para a identificação de instituições e Organizações não-governamentais com as quais possam estabelecer parcerias. A proposta C dirige os alunos para uma investigação acerca das partículas inaláveis que diminuem a Qualidade do Ar. A proposta D encaminha os alunos para o manuseamento e aprendizagem das características e modo de funcionamento do analisador de partículas AM510 SidePak e sua comunicação com o computador.

No final foi construída uma página de Internet, disponível no endereço www.ese.ipvc.pt/kecv, que disponibiliza os materiais didácticos elaborados, alguns dos quais na plataforma Moodle. Desta forma, os utilizadores poderão aceder aos materiais elaborados pela ordem da sua preferência, podendo ainda dispor de espaços para conferência, armazenamento e consulta de dados, galeria de fotografias e vídeos, lista de ligações a sítios da internet e bibliografia recomendada.

A implementação deste projecto reveste-se de uma componente de sensibilização ambiental importante, actuando os alunos como veículos de disseminação de novas competências científicas, sociais e de cidadania.

Air Quality Study: a participative approach to secondary education students

ABSTRACT

This work is included in the Project *EuroLifeNet/ Ciência Viva* - learning/acting citizenship, measuring air quality. It pretends to be a contribution to an innovative and dynamic way of teaching experimental sciences at secondary schools. Based in participatory citizenship, inside and outside the classroom, it aims to make science related contents more attractive and to make students aware that the contents learned in the classroom can be applied in daily life.

To achieve these aims, a theoretical review on science teaching was performed. In particular, it was considered the case of Portuguese secondary education, based on which the assumptions and the methodology of this work were outlined in order to make an annually didactical proposal to use in the subject Project Area.

Then, didactic material to support the project on Air Quality and Air Pollution was developed, tested and reshaped. The produced material includes four separate proposals that require a student proactive attitude, both with respect to the work and in the acquisition of knowledge. The proposal A contains two activities that aim to motivate to study air pollution. The proposal B refers students to identify institutions and non-governmental organizations with which to establish partnerships. The proposal C directs the students to research about Particulate Matter and the decrease of air quality. The proposal D guides the students to handling and learning the characteristics and functioning of the personal aerosol monitor AM510 SidePak and its interaction with the computer.

Finally, a webpage was built, and made available at www.ese.ipvc.pt/kecv. This page provides the didactical material produced, some of them in the Moodle Learning Management System. In this way, users can access the material prepared by its own preference, and may also access to forums, data consulting and storage, photo and video galleries, list of internet links and recommended bibliography.

The implementation of this project implies an important component of environment awareness, where the students contribute to the dissemination of scientific, social and citizenship skills.

ÍNDICE

I – INTRODUÇÃO 1
II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO 3
2.1. Educação para a Cidadania e Desenvolvimento Sustentável 3
2.2. Ciência e Educação em Ciências 7
2.2.1- Perspectivas de Ensino das Ciências 8
2.2.2. O movimento Ciência – Tecnologia - Sociedade - Ambiente 11
2.2.3. As Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino das ciências 14
2.3- O Ensino das Ciências em Portugal 16
2.3.1- O Ensino das Ciências no Ensino Secundário 20
2.4. Área de Projecto 21
2.4.1- Introdução da Área de Projecto no Ensino Secundário 23
2.4.2- Metodologia de Trabalho de Projecto 23
2.4.3- Etapas de desenvolvimento da Metodologia de Trabalho de Projecto 25
2.5. Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica 29
2.5.1- Substâncias poluentes – Partículas Inaláveis 31
a) Efeitos na saúde humana e nos ecossistemas 33
b) Níveis de exposição (interior, exterior e pessoal) 34
2.6. O Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar 36
III – PRESSUPOSTOS, OBJECTIVOS E METODOLOGIA 38
3.1. Pressupostos 38
3.2. Objectivos 39
3.3. Metodologia 40
IV – PLANO DE ACTIVIDADES E MATERIAL DIDÁCTICO 43
41. Plano de actividades a desenvolver 43
4.2. Propostas didácticas iniciais 51
4.3. Teste e reformulação 71
4.4. Página da internet 83
4.4.1- Estrutura 85
4.4.2- Conteúdos 86
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES 91
5.1- Considerações finais 91
5.2- Sugestões para futuros projectos 93
BIBLIOGRAFIA 94

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Proposta de Actividades para a Área Curricular não disciplinar de Área de Projecto (12º ano)……………………….……………………………….…………….…49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1- Analisador *AM510 SidePak Personal Aerossol Monitor*…………………......44
Figura 4.2- Filtros do amostrador gravimétrico…………...……………………….........46
Figura 4.3 – Concept Cartoon "Poluentes Atmosféricos"……………………………….53
Figura 4.4 – Concept Cartoon "Mudam-se os tempos…"……………………………….53
Figura 4.5 – Concept Cartoon "Jardim pensativo"……………………………………...53
Figura 4.6 – Concept Cartoon "O que podemos fazer para melhorar a qualidade do ar".54
Figura 4.7 – Exemplo de um gráfico elaborado com os dados recolhidos com o AM510 SidePak, nos dias 8 e 9 de Novembro de 2006……………………………...…73
Figura 4.8 - Mudança de filtros do amostrador fixo…………………………………….73
Figura 4.9 - Ligação do AM510 SidePak ao computador………………………………75
Figura 4.10 - Tiras de cartolina colocadas na entrada da escola………………………..81
Figura 4.11 - Tiras de cartolina colocadas no bar da escola…………………………….81
Figura 4.12 – Rosto da página da internet "Kit *EuroLifeNet - Ciência Viva*"…..………85
Figura 4.13 – "Actividades práticas" do "Kit *EuroLifeNet - Ciência Viva*"…….………86

ÍNDICE ESQUEMAS

Esquema 2.1: Os três pilares da ciência ……………………………………………….…7

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Área de Projecto

CITIDEP - Centro de Investigação de Tecnologias de Informação para uma Democracia Participativa

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

DS - Desenvolvimento Sustentável

EB - Ensino Básico

EDS - Educação para o Desenvolvimento Sustentável

EMC - Ensino por Mudança Conceptual

EPC - Educação para a Cidadania

EPD - Ensino por Descoberta

EPP - Ensino por Pesquisa

EPT - Ensino por Transmissão

ES - Ensino Secundário

ESE-IPVC - Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

EU - União Europeia

FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia

GPS - Global Position System

IA - Instituto do Ambiente

LBSE - Lei de Bases do Sistema Educativo

MCTES - Ministério da Ciência e da Tecnologia e do Ensino Superior

ME - Ministério da Educação

MTP - Metodologia de Trabalho de Projecto

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONG's - Organizações não-governamentais

ONU - Organização das Nações Unidas

PISA - Project for International Student Assessment

PM – Partículas Inaláveis

PTE - Plano Tecnológico da Educação

TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação

TP - Trabalho Prático

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

WWW - World Wide Web

I – INTRODUÇÃO

Vivemos num mundo em constante mudança, onde prevalecem desigualdades económicas, sociais, políticas, religiosas, culturais, tecnológicas, ambientais, entre outras. Diariamente somos invadidos por notícias sobre discriminação, criminalidade, intolerância religiosa, pobreza absoluta, invasões militares, níveis insustentáveis de poluição, esgotamento de recursos naturais, desastres ambientais ou humanitários graves. Como podemos re-equilibrar o nosso planeta? Como podemos todos viver melhor nesta casa que é a Terra?

A Educação para a Cidadania Global assume que, uma vez que todos somos cidadãos do mundo, deveremos também ser responsabilizados pelo estado presente e futuro do nosso planeta, considerando-o valioso e único [1]. E por isso temos de formar cidadãos globais sendo a educação uma forma privilegiada para o fazer. Através da utilização de metodologias participativas, os alunos poderão desenvolver o seu pensamento crítico sobre assuntos globais controversos e complexos no espaço seguro da sala de aula [1].

A Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) é uma prioridade fortemente associada aos Direitos do Homem e à cidadania, uma vez que *valoriza o aprender a tomar decisões que considerem aspectos económicos, ecológicos e de equidade de todas as comunidades, estimulando a compreensão de questões e problemas actuais como um requisito para no presente se tomarem decisões e adoptarem comportamentos que não comprometam o futuro* [2].

Também, como referido por Roque *et al*, *[3]*, a Lei de Bases do Sistema Educativo (LBSE) no respeitante ao ensino secundário (ES) destaca os seguintes objectivos: *Formar, a partir da realidade concreta da vida regional e nacional e no apreço pelos valores permanentes das sociedades, em geral, e da cultura portuguesa, em particular, jovens interessados na resolução dos problemas do país e sensibilizados para os problemas da comunidade internacional, criar hábitos de trabalho individual e em grupo, e favorecer o desenvolvimento de atitudes de reflexão metódica, de abertura de espírito, de sensibilidade e de disponibilidade e adaptação à mudança.* [4] de forma a permitir *uma inserção no mundo do trabalho e o exercício responsável de uma cidadania activa* [5].

O Ensino das Ciências traz ao cidadão conhecimentos que lhe permitirão aprender mais, não apenas sobre os conceitos e fenómenos naturais, mas também sobre a sua relação com o mundo em que vive. De facto, como reflectido na frase de Martin Luther King [6] *Before you finish eating breakfast this morning, you've depended on more than half the world,* existem interligações globais onde decisões/acções tomadas numa determinada área do globo afectam

pessoas em diferentes locais. O mesmo se pode aferir acerca da multiplicidade de produtos, materiais e equipamentos que utilizamos no nosso dia-a-dia. Todos eles resultam da interdependência entre a ciência e a tecnologia. Num só electrodoméstico que temos na cozinha, quantas proveniências distintas têm os materiais que o constituem?

Estando a nossa sociedade cada vez mais influenciada pela ciência e pela tecnologia, é importante criar cidadãos social e ambientalmente aptos a utilizar de forma eficaz as novas técnicas e equipamentos e a participar nas tomadas de decisão que advirão. Neste sentido, a escola tem um papel fundamental na formação dos seus alunos, sendo importante a criação de projectos em que os alunos possam ter um papel activo na sua própria aprendizagem, tornando-se capazes de resolver, de forma criativa, os problemas inerentes ao caminho que estão a trilhar.

O projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar* surge como um projecto inovador, motivante, onde as metodologias participativas na resolução de problemas ambientais que afectam a sociedade no seu todo, como é o caso da poluição atmosférica, assumem papel de destaque.

Considerando estes pressupostos e o facto de a Área de Projecto (AP) ser uma área curricular não disciplinar recente no currículo do ES, para a qual não abundam materiais de apoio, definimos como principal objectivo deste trabalho elaborar uma proposta didáctica para utilização em AP, sobre Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica, de apoio ao projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*.

Começamos por proceder a uma revisão de bibliografia, apresentada no capítulo II, sobre os diferentes aspectos a ter em consideração na execução dessa proposta. De seguida definiu-se a metodologia a utilizar tendo em conta os objectivos (capítulo III) e foi elaborada, testada e reformulada a proposta didáctica e os respectivos materiais apresentados no capítulo IV. Finalmente foi feita uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido e aventadas algumas sugestões para o futuro, no capítulo V.

II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

É objectivo do capítulo II proceder ao enquadramento teórico do trabalho elaborado.

No início é focada a importância de uma Educação para a Cidadania e para o Desenvolvimento Sustentável como forma de esbater o fosso entre os diferentes países e suas diferentes culturas, capacitando os estudantes para responder a problemas e desafios a nível global (2.1).

De seguida pretende-se analisar mais pormenorizadamente o conceito de ciência e a sua integração no ensino (2.2), investigando acerca das diversas perspectivas de Ensino das Ciências (2.2.1) com enfoque no Movimento Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (2.2.2) e na utilização das TIC como forma de motivar e facilitar a aprendizagem dos conteúdos definidos no currículo nacional (2.2.3).

No capítulo 2.3 faz-se uma análise da situação do Ensino das Ciências no nosso país, em especial, no Ensino Secundário (2.3.1).

Posteriormente, é comentada a introdução de Área de Projecto no Ensino Secundário (2.4.1), faz-se menção à Metodologia de Trabalho de Projecto (2.4.2) e descrevem-se as suas etapas de implementação (2.4.3).

O capítulo 2.5 inicia-se com a definição dos conceitos *Qualidade do Ar* e *Poluição Atmosférica* e o enquadramento da problemática real e actual associada ao aumento de substâncias poluentes no ar que respiramos, com especial ênfase no estudo das Partículas Inaláveis (2.5.1). Posteriormente, são investigados os seus efeitos na saúde humana e nos ecossistemas (2.5.1a), de acordo com os diferentes níveis (interiores e exteriores) a que as espécies, com particular importância para a espécie humana, se encontram expostas (2.5.1.b).

Para finalizar, salienta-se a aplicação, em sala de aula, de uma metodologia participativa assente em estratégias de Trabalho Prático, como é exemplo o Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*.

2.1. Educação para a Cidadania e Desenvolvimento Sustentável

Num mundo cheio de desigualdades (género, raça, classe social, orientação sexual), problemas como a obesidade/ pobreza extrema, os riscos ambientais, a globalização da economia, o impacto das tecnologias da comunicação ou o papel da Organização das Nações Unidas (ONU) são questões que podem afectar todos os países [7]. A Educação para a

Cidadania (EPC) deverá ser uma forma de pensar e de agir local e global [1, 6, 8, 9], com vista a compreender como o mundo funciona e assegurar o futuro das gerações vindouras.

Para Marçal Grilo, presidente do Fórum de Educação para a Cidadania, o exercício da cidadania é sobretudo um comportamento, uma atitude e uma certa forma de ser, de estar e de fazer, em que cada um encara os problemas da sociedade em que se insere com a mesma prioridade com que aborda as suas questões individuais, atendendo aos direitos dos outros e em particular no respeito pela diversidade e pelas diferenças que caracterizam as sociedades em que vivemos nesta primeira década do século XXI [10].

Importa, então, criar e formar cidadãos globais sendo a educação uma forma privilegiada para o fazer. Em vez de receberem respostas, os alunos são encorajados a questionar, desenvolver e expressar opiniões, que serão ouvidas e respeitadas pelos seus pares, tendo oportunidade de:

- Examinar criticamente os seus valores e atitudes [11];
- Apreciar as similaridades entre pessoas em locais díspares, aprendendo com a diversidade [11];
- Compreender que as decisões de pessoas de locais distantes do globo podem afectar as nossas vidas e que as nossas decisões afectam igualmente a vida de outros [1];
- Se envolverem nas estruturas administrativas da escola [7], podendo organizar-se em associação, sendo interlocutores e participando na comunidade escolar [3];

O fundamento da educação para a cidadania é desenvolver competências nos domínios do conhecimento, dos valores e das práticas concretas [12] que se objectivam para a formação de cidadãos globais, como:

- Adquirir conhecimentos humanistas, científicos e técnicos [13] sobre globalização, equidade, justiça social e económica, paz, conflito, desenvolvimento sustentável [1], conhecendo formas de acção, cooperação e participação em diferentes contextos sociais [12];
- Valorizar a sua cultura e compreender as outras [14], pronunciar-se sobre as questões e problemas do mundo actual [12] propondo alternativas quando não se está de acordo, arbitrar e resolver conflitos de forma democrática [14], tomar decisões, trabalhar em grupo [6];
- Combater a injustiça, o preconceito e a discriminação [11] no reconhecimento recíproco de direitos e deveres;

- Desenvolver capacidades de escuta, reflexão (sobre a sua acção e a dos outros), sentido crítico, curiosidade, imaginação, questionamento [12] e intervir de forma coerente e informada no debate público [14];
- Conhecer e apreciar os valores fundadores da sociedade democrática: liberdade, igualdade, autonomia, responsabilidade e solidariedade [3], estabelecendo relações de empatia e tolerância [14];
- Manifestar legítima preocupação e compromisso com o meio ambiente [1].

Por outras palavras, pretende-se criar cidadãos livres, responsáveis, autónomos, solidários, sujeitos a direitos (e deveres), respeitando as outras pessoas (e outros seres vivos) e as suas ideias, abertos ao diálogo e à livre troca de opiniões, com um espírito crítico, democrático, pluralista, criativo e interventivo face à sociedade [10] com o intuito máximo de criar um mundo socialmente mais justo e ambientalmente mais sustentável.

O conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS) pode resumir-se à ideia de utilização sistemática e a longo termo de recursos naturais de tal forma que se satisfaçam as necessidades actuais sem comprometer a satisfação de necessidades futuras [15], compatibilizando a preservação do ambiente com a exploração dos recursos e o desenvolvimento económico com a justiça social [16].

Em 2002, a Assembleia Geral da ONU indicou como prioritária a intervenção a nível das escolas e das autarquias no âmbito do DS, como forma de proporcionar a todos os cidadãos a possibilidade de viver com dignidade no presente e no futuro. Nasceu, assim, a Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014), que se baseia na *visão de um mundo no qual todos tenham a oportunidade de aceder a uma educação e adquirir valores que fomentem práticas sociais, económicas e políticas contribuindo para um futuro que compatibilize as necessidades humanas com o uso sustentável dos recursos, implicando uma transformação positiva da sociedade* [17]. *A* Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) é a responsável pela sua dinamização/ implementação.

É importante que na escola sejam criadas condições que permitam produzir e difundir informação sobre EDS.

Uma das principais recomendações do Relatório do Fórum de Educação para a Cidadania [10] é a de assegurar que a EPC se afirme como uma componente do currículo de natureza transversal, a desenvolver em todas as áreas curriculares disciplinares e não disciplinares, ao longo de todos os ciclos de ensino.

Segundo a UNESCO [18], ocorre um preocupante distanciamento da escola em relação ao contexto de vida das pessoas e às características intrínsecas da comunidade que se manifesta numa descrença e insatisfação em relação à escola e à escolaridade obrigatória durante uma parte significativa das suas vidas.

Figueiredo [14] refere que os professores apresentam diferentes atitudes perante a EPC. Alguns professores atribuem à escola a função de ensinar e à família a de educar. Assim, o professor deverá transmitir os conhecimentos científicos da forma mais objectiva, sem qualquer transmissão ideológica, sem espaço a controvérsias. No entanto, é consentâneo que o ensino não é um processo neutro e o professor transmite sempre algumas das suas escolhas pedagógicas e sociais. Outros professores são de opinião que a educação não se resume à transmissão de conteúdos científicos, no entanto amparam-se à grande extensão do programa e ao tempo limitado que têm para o cumprir. Há professores que, por não terem formação (inicial ou contínua) em EPC se sentem inseguros na sua aplicação. Alguns professores referem que não se trata de nenhuma inovação, porque já realizavam anteriormente acções de EPC, mesmo que não lhe conferissem esse nome.

Talvez por isso se fale ainda hoje, em Portugal, de uma cidadania passiva, assente em direitos adquiridos, mas limitada em deveres e responsabilidades, estranha à ideia de diversidade, receosa do conflito e avessa à controvérsia [10]. Como podemos querer formar cidadãos participativos, se não é realizado um trabalho eficaz, bem planificado e consentâneo com as competências referidas anteriormente?

É urgente que a escola se abra à cooperação com a comunidade, reconhecendo a importância das parcerias com diferentes instituições governamentais e organizações não-governamentais (ONG's), associações culturais e desportivas [12], desenvolvendo projectos sérios e continuados com as mesmas. Ainda segundo a mesma autora, deverá estar atenta à comunicação social, discutindo as questões da actualidade mediática, procurando uma abordagem mais enquadrada e profunda dos temas. É fundamental que a formação inicial e contínua de professores e de agentes educativos se direccione para a aquisição de competências para trabalhar a EPC Global na escola [10].

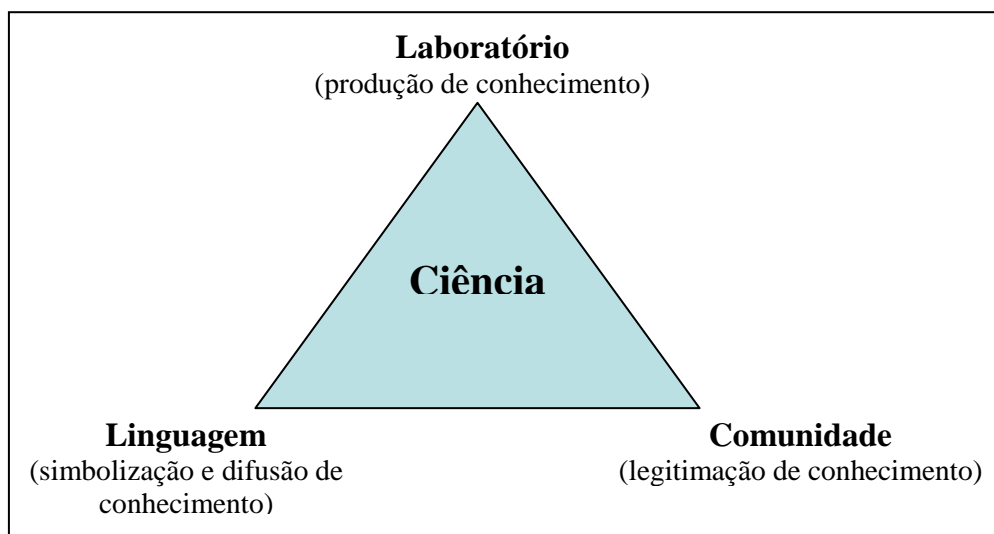
A escola actual deverá preparar cidadãos para o "mundo", não apenas escolar, não apenas local ou nacional, mas a nível global.

2.2. Ciência e Educação em Ciências

Longe vai o tempo em que *ciência* era um conceito afastado do quotidiano das pessoas, ligada apenas a uma elite intelectual [19].

Como foi referido no capítulo I, desde que nos levantamos, nada fazemos que não envolva a interferência da ciência associada à tecnologia.

Segundo Cachapuz *et al*. [20], a ciência moderna assenta em 3 pilares: o *laboratório*, a *linguagem* e a *comunidade*.

Esquema 2.1: Os três pilares da ciência (adaptado de Cachapuz *et al*. [20])

O *laboratório* representa os espaços onde ocorre produção de conhecimento científico (é consensual que o conhecimento não é apenas produzido em laboratórios). A *linguagem* surge como a forma que temos de adquirir, pensar, expressar e comunicar os conhecimentos científicos. É pois, um veículo de transmissão de ciência. A *comunidade*, em especial a comunidade científica, surge como instrumento de legitimação do conhecimento.

Hoje em dia, vários são os conhecimentos científicos partilhados por diversas pessoas, por vezes, resultantes do processo de ensino, outras vezes, resultantes de aprendizagens variadas ao longo da vida.

A visão que a comunidade tem sobre a ciência não é concordante nem pacífica [20]. Para algumas pessoas, a ciência é vista como algo que pode resolver todas as questões presentes. Outras têm uma atitude reservada e de (alguma) desconfiança, sentindo a ciência como o epicentro de vários problemas actuais como a poluição, o armamento, o surgimento de novas doenças e pandemias, entre outras.

Isto surge porque a ciência não é neutra e não é um produto acabado. Resulta de uma construção humana, colectiva, sendo parte integrante da nossa própria evolução, sujeita a decisões político-sociais [21]. Estas decisões variam global e temporalmente, conduzindo a desigualdades sociais e económicas profundas.

Não é na escola que temos o primeiro contacto com a ciência ou a tecnologia. Ao longo dos nossos primeiros anos de vida vamos interiorizando e enraizando algumas concepções próprias sobre fenómenos que visualizamos, aos quais atribuímos determinado significado, surgindo assim, as nossas próprias concepções acerca da ciência, que podem ser apelidadas de concepções alternativas [22] que fazem parte *da ciência da criança*. Assim, torna-se primordial a inclusão da ciência nos currículos dos ensinos pré-escolar, básico, secundário e superior, para que possa existir uma mudança de concepções alternativas, para concepções cada vez mais científicas que acompanhe o próprio crescimento do aluno.

A educação em ciência pode ser vista como a busca do conhecimento do mundo que nos rodeia, no entanto, ultrapassa esta fronteira uma vez que nos apoia na compreensão do nosso presente e nos permite desenvolver tecnologias e técnicas que fazem com que o nosso dia-a-dia seja mais simples, permitindo o enriquecimento intelectual e cultural do ser humano.

2.2.1- Perspectivas de Ensino das Ciências

Segundo Cachapuz *et al.* [20], podemos considerar quatro perspectivas para o ensino das ciências: transmissão, descoberta, mudança conceptual e pesquisa, justificadas em quadros epistemológicos e psicológicos distintos.

O **Ensino por Transmissão (EPT)**, segue a tradição intelectual dos eruditos da antiguidade [19, 23] onde o actor principal é o professor que transmite a informação aos alunos, que a armazenam no seu cérebro e reproduzem. Segundo esta perspectiva, o aluno é um sujeito passivo que necessitaria apenas de ouvir atentamente o professor para adquirir todo o conhecimento de que necessita, recorrendo depois a mecanismos de memorização para o reter [20]. O trabalho prático é reduzido a actividades "tipo receita" [19, 20, 24, 25], onde os alunos devem seguir fielmente um protocolo dirigido para a obtenção de resultados "correctos", o que reforça o papel apático e acrítico do aluno tornando-o quase totalmente dependente do professor [26].

No início dos anos 70 começaram a elevar-se críticas ao EPT devido essencialmente ao desinteresse dos alunos pelas ciências e ao elevado insucesso escolar [19] que se prendem

com a medíocre formação dos professores e com os manuais escolares existentes que apresentam a ciência como um conjunto de factos imutáveis [22].

Numa tentativa de superar estas limitações, surgiu uma nova perspectiva de ensino denominada **Ensino por Descoberta (EPD)**, defendendo que os alunos aprendem, por sua conta, qualquer conteúdo científico através de observação livre e neutra [19, 20, 26] cabendo ao professor lançar questões que despertem a sua curiosidade para que continuem motivados e possam desenvolver o seu pensamento [26], o que será traduzido em novo conhecimento científico. Nesta perspectiva o aluno já assume um papel central [26], sendo mais activo, mais motivado pela oportunidade de experimentação, mais autónomo e assumindo um papel de maior responsabilidade perante a sua aprendizagem. No entanto, o EPD apresenta algumas limitações, como:

- Reducionismo simplista do trabalho da criança ao trabalho do cientista [22];
- Convicção que a execução de trabalhos experimentais radicados no sensorial e no imediato conduzem à descoberta de factos que, por interpretação, levam à espontânea aquisição de conhecimentos cientificamente correctos [19];
- Ênfase no trabalho prático laboratorial com base em experiências limitadas [22], que muitos estudantes realizam sem uma ideia clara do que estão a fazer e porque o estão a fazer [27];
- Imitação ingénua do método científico [22], apresentando os resultados da ciência como verdades inquestionáveis e rígidas [27];
- Não são tidos em conta os conhecimentos prévios dos alunos [20].

Na década de 80 surge uma fase de descontentamento com as existentes tendências metodológicas de ensino das ciências, uma vez que a generalidade dos alunos continuavam a não alcançar os resultados esperados, o insucesso escolar não diminuiu e não aumentou o número de estudantes a optar por cursos de orientação científica [20].

Com os progressos no âmbito da Didáctica das Ciências, surgiram modelos pedagógicos construtivistas de aprendizagem onde se vê o aluno como o construtor do seu conhecimento. O **Ensino por Mudança Conceptual (EMC)** parte da convicção construtivista que a aprendizagem de conceitos não se inicia na escola [19] e que os alunos adquirem conhecimento a partir do confronto entre as suas concepções sobre o mundo que os rodeia e as concepções científicas que adquirem ao longo do processo de ensino/ aprendizagem, promovendo mudança nos mesmos conceitos e na estrutura do seu conhecimento [20]. Neste ensino, o aluno é responsável pelo desenvolvimento do seu próprio conhecimento, deixando

de ser um sujeito “informativo” e tornando-se um “sujeito interpretativo” [22], acrescentando que se deve partir sempre do que o aluno já sabe e *não por abstracções ou fenómenos que estejam fora do alcance da sua percepção, compreensão ou conhecimento* [28]. Para Feire [29], o professor deverá criar desafios intelectuais que proporcionem a aquisição de conhecimento científico permitindo aos alunos serem gestores do próprio conhecimento.

Parte da premissa que pessoas diferentes produzem concepções diferentes com base na mesma informação, sendo que esta mudança de concepção pode ocorrer de duas formas distintas, através de *Captura Conceptual* - quando as representações dos alunos são conciliáveis com os conceitos científicos a aprender, o novo é incorporado no prolongamento do conceito familiar, ou *Troca Conceptual* - quando as representações dos alunos são inconsistentes e irreconciliáveis com os conceitos científicos a aprender, o novo vai substituir o anterior [30].

As estratégias de EMC passam pela identificação, exploração e desconstrução das concepções alternativas dos alunos e por estratégias de metacognição que envolvam o aluno num exercício continuado sobre o próprio pensamento [26]. No entanto, esta perspectiva desvaloriza as dimensões sociais e de cidadania, centrando-se em demasia na aprendizagem de conceitos, sem ter em conta as motivações, atitudes e interesses pessoais dos alunos.

Surge mais recentemente uma nova perspectiva denominada **Ensino por Pesquisa (EPP)**, que advoga que a escola não deve estar desligada da realidade pessoal, social e científico-tecnológica da comunidade onde os alunos pertencem [20]. Estes mostrarão mais motivação na resolução de problemas de interesse pessoal, social e cultural [31] em consonância com a observação do meio que os rodeia e da curiosidade em pesquisar e encontrar respostas criativas que façam com que este se lhes afigure mais compreensível. Esta perspectiva centra-se na aquisição e desenvolvimento de atitudes e valores dos alunos, que serão veículo de transmissão dos mesmos à sociedade. A educação deixa de estar desligada do dia-a-dia do aluno e as aprendizagens devem passar a ser úteis e utilizáveis no quotidiano, valorizando o envolvimento cognitivo e afectivo dos estudantes. Para que isto possa acontecer, o professor deverá:

- Recorrer a inter e transdisciplinaridade [20, 26];
- Diversificar metodologias de trabalho [20, 31];
- Fomentar a discussão, na sala de aula, a partir de situações problemáticas do quotidiano que permitam reflectir sobre a interacção Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente [26];

- Promover a realização de exercícios de pesquisa partilhada inter e intragrupal [31];
- Avaliar não apenas conteúdos científicos, mas também capacidades, atitude e valores, que acompanhem todo o processo de ensino [26].

2.2.2. O movimento Ciência – Tecnologia - Sociedade - Ambiente

Devemos ou não, aquecer alimentos no microondas? O que fazer com o nosso lixo? O que é um acelerador de partículas? Qual o impacto ambiental dos detergentes que utilizamos em casa? O que devemos fazer às baterias de telemóveis? Estas e outras questões actuais, na maioria das vezes não fazem parte das discussões que ocorrem nas salas de aula das escolas portuguesas.

O ensino, como foi referido anteriormente, continua agarrado a metodologias tradicionais, verticais, estáticas, pouco motivantes, talvez porque, na sua maioria, os professores são produto desse tipo de ensino conservador, ou talvez porque, como referem Fontes *et al.* [32], *a escola é uma das instituições mais resistente à inovação*.

É consensual que os resultados escolares portugueses não figuram entre os melhores da Europa (capítulo 2.3). Martins [33] refere que o ensino das ciências poderá contrariar esta tendência se abordar questões actuais, mostrando a ciência como fonte de conhecimento que pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida (em especial dos grupos mais desfavorecidos), a paz, promoção da solidariedade intelectual da humanidade, redução da pobreza e DS.

A escola não pode continuar autista em relação ao que se passa à sua volta. Uma solução para diminuir o fosso entre a realidade dos cidadãos contemporâneos e a realidade escolar é o Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). Este movimento surge da urgência de criar condições para aumentar a literacia científica da população e, consequentemente, melhorar a condição económica, social [20], política e ambiental uma vez que cidadãos esclarecidos são, à partida, cidadãos mais responsáveis, mais participativos e mais exigentes com os órgãos de poder que os servem.

Se a ciência e a tecnologia estão intrincadas na vida dos cidadãos, então também os seus efeitos deverão ser estudados como um todo, através de uma rede de interdependências que influenciam e são influenciados pelo ambiente natural onde ocorrem, de forma a que os alunos percebam que as resoluções tomadas envolvem respostas a problemas emergentes da

utilização da *tecnociência* [34], À medida que avança o desenvolvimento tecnocientífico, aumenta o seu impacto não apenas na natureza, mas sobre a sociedade, o que impõe questões polémicas de cariz ético-social-político, cuja decisão não pode ficar restrita apenas às comunidades científicas, tecnológicas e políticas [34, 35].

Segundo o movimento CTSA, o ensino das ciências deveria ser uma abordagem integradora de diversos temas reais, actuais, relevantes, significativos, em contextos familiares dos alunos, devendo estes obter uma visão mais humanista, mais global [33], sem "compartimentos disciplinares" artificiais [36], criando uma cultura educativa inovadora, onde o conhecimento científico possui significado cultural [37]. Tem como principais objectivos:

- Aumentar a alfabetização científica [38-41] e tecnológica [42-44] não apenas dos alunos, mas da comunidade em geral, onde os cidadãos estão dotados de ferramentas intelectuais [41, 44], capacitando-os para fazer face aos novos desafios que o desenvolvimento acelerado impõe [33, 45];
- Preparar os alunos para a compreensão do mundo e inter-relações de conhecimento científico-tecnológico na sociedade [33] e no meio ambiente, com particular importância para a capacidade para reconstituir o passado e construir cenários possíveis e plausíveis de futuro [23] com vista a opções mais sustentáveis, compreendendo que, por vezes, permitem encontrar soluções para melhorar aspectos ambientais negativos que criaram;
- Motivar os alunos para a aprendizagem das ciências, de uma forma contextualizada, mostrando uma imagem mais autêntica da ciência e sua inter-relação com a tecnologia, desenvolvendo atitudes positivas face às mesmas e à sua aprendizagem [37, 44], aumentando o interesse pela investigação, análise, reflexão, avaliação e tomada de decisões baseadas em valores socialmente aceites e partilhados [45]. Pode, ainda, incrementar o número de alunos que prossegue os seus estudos superiores em áreas científicas e das engenharias [35];
- Incentivar a utilização de metodologias mais activas, onde os alunos poderão resolver problemas concretos utilizando recentes tecnologias (2.2.3);
- Melhorar a qualidade de vida da população [39, 44] instituindo um pensamento solidário que atravessa as fronteiras da geração, baseado no DS global e numa solidariedade intra e inter geracional [23].

Actualmente, este movimento já se encontra incorporado nos currículos escolares portugueses [44], mostrando, no entanto, algumas dificuldades em afirmar-se [41], devido a constrangimentos relacionados com os professores, os programas escolares e os recursos didácticos existentes [33].

Martins [33] refere que muitos docentes são formados em instituições de Ensino Superior onde os próprios professores não têm formação em ensino, em que o plano de estudos dos cursos da formação inicial está dividido em disciplinas estanques de componente científica específica, cujas aulas são essencialmente transmissivas. Os educadores em ciências permanecem mal informados sobre a educação CTSA, não tendo qualquer formação neste contexto, desconhecendo as características deste movimento [44].

Vieira e Vieira [36] acrescentam que é importante apostar na formação inicial dos professores de forma a aumentar a sua confiança, segurança e iniciativa para trabalhar conteúdos com base CTSA, incentivando a colocação de questões e a realização de investigações, em colaboração com outros professores. No entanto, é na formação contínua que é mais importante intervir, uma vez que a maioria dos professores se encontra a exercer [41]. É necessário que os programas de formação contínua possam reparar as carências da formação inicial [25] dando aos professores oportunidades para desenvolver *actividades inovadoras de ajudar a aprender* [46] que aproximem os conteúdos científicos com relevância social e pessoal para os alunos [47].

Os programas escolares continuam a ser extensos e complexos, com carácter prescritivo sobre a avaliação dos alunos, como, por exemplo, os exames nacionais [33], condicionando a actuação do professor na sala de aula.

Os recursos didácticos existentes são escassos, existindo necessidade de criação de novos materiais inovadores com base CTSA [33, 36]. Estes materiais deverão basear-se em acontecimentos reais, actuais e controversos, mostrando diferentes e equilibrados pontos de vista para que os alunos possam formar a sua opinião e optar de forma esclarecida e justificada, permitindo a troca de ideias e a argumentação das mesmas, de forma responsável e ponderada.

Muitos manuais e materiais de apoio apresentam soluções para problemas reais como sendo óbvios e simples [35]. Na realidade isto não acontece, uma vez que no processo de decisão existem sempre riscos associados. A discussão de riscos de implementação de soluções captura o interesse dos estudantes, podendo mesmo ter impacto imediato nas suas vidas.

Precisamos de materiais didácticos e de professores que não tratem os alunos e os temas de forma simplista, auxiliando-se na criatividade e controvérsia suficientes para tornar os alunos *decision makers* comprometidos com as suas ideias e valores sociais.

O movimento CTSA é uma janela através da qual observamos o mundo social e natural de forma diferente [35].

2.2.3. As Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino das ciências

A tecnologia reveste-nos como uma segunda pele… e não apenas no sentido metafórico… O nosso dia-a-dia está vincadamente influenciado por vários resultados emergentes do acelerado desenvolvimento tecnológico. Não podemos dizer “não” à tecnologia, não podemos dizer para o mundo parar de rodar. Não podemos permitir que o comando da televisão ou da garagem fiquem sem pilhas.

As tecnologias têm, pouco a pouco, recheado a nossa vida de dependências várias, estamos em plena era da Sociedade da Informação, onde a *revolução digital* se sobrepôs à *revolução industrial* [48], onde o desenvolvimento das sociedades contemporâneas é influenciado pelo desenvolvimento tecnológico.

Em Portugal, o governo criou o Plano Tecnológico da Educação (PTE) com o objectivo de colocar o país entre os cinco países europeus mais avançados na modernização tecnológica do ensino estando já a decorrer um reforço informático nas escolas com computadores, videoprojectores, quadros interactivos e acesso à Internet de alta velocidade nas salas de aula, assim como formação e certificação de competências em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) de professores, alunos e funcionários [49]. O *Estudo de Diagnóstico: a modernização tecnológica do sistema de ensino em Portugal* [50], realizado pelo Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação do Ministério da Educação, indica que, nos últimos 5 anos, Portugal registou uma evolução muito significativa em relação aos principais indicadores de modernização tecnológica, no entanto, regista ainda um atraso em relação à média europeia e aos objectivos do Programa Educação e Formação 2010, identificando-se a insuficiência de equipamentos e de Internet e as qualificações e competências, como os principais factores deficitários [50].

Para que o nosso país possa cumprir os objectivos traçados, criou-se uma disciplina denominada TIC. Segundo Miranda [51], o termo *Tecnologias da Informação e Comunicação* refere-se à *ligação da tecnologia computacional ou informática com a tecnologia das telecomunicações e tem na Internet e mais particularmente na World Wide Web* (WWW) *a sua mais forte expressão*.

Esta disciplina visa o acesso às TIC *como condição indispensável para a melhoria da qualidade e da eficácia da educação e formação à luz das exigências da sociedade do conhecimento*, de frequência obrigatória, essencialmente prática e experimental [52] de carácter transdisciplinar, que pretende favorecer o desenvolvimento de competências básicas que permitam a formação dos alunos ao longo da vida [53], enquanto utilizadores autónomos

e responsáveis. Pretende garantir que, ao finalizar o Ensino Básico (EB), todos os alunos sejam capazes de utilizar as TIC em articulação com as aprendizagens e tecnologias específicas de outras áreas de formação [52]

As crianças e jovens utilizam frequentemente as TIC, sem qualquer tipo de receio em termos de manuseamento e utilização, na maioria das vezes, apenas com fins lúdicos. [54].

Peralta e Costa [55] referem que os professores usam as TIC sem a compreensão total dos princípios de aprendizagem subjacentes, sabem usar o computador, mas não no contexto escolar com os seus alunos, não interligando as TIC nas práticas de ensino. Neste contexto, a utilização de computadores em sala de aula não tem permitido a necessária mudança de atitudes, papéis e as metodologias de ensino e aprendizagem. Morais e Paiva [56] reforçam esta ideia, indicando que a estrutura escolar ainda bastante tradicional tem dificultado as inovações pretendidas, acrescentando outras limitações ao pleno atingir das finalidades expressas no currículo da disciplina:

- *Grande número de alunos ainda não possui computadores*, que dificulta a aprendizagem dos alunos, mas não inviabiliza, uma vez que as escolas já possuem computadores que os alunos podem utilizar;
- *Escassez de software de elevada qualidade técnica e pedagógica;*
- *A aprendizagem das tecnologias e a preparação das aulas ocupa mais tempo ao professor;*
- *Utilização inadequada de muito material tecnológico, tido como pedagogicamente enriquecedor;*
- *A navegação livre pela Internet que, não sendo bem orientada poderá tornar-se dispersiva;*
- *Falta de conhecimento sobre o impacto do uso das TIC em contexto educativo.*

No entanto, o ensino das TIC, numa lógica construtivista com ligações CTSA, reveste-se de grande importância para a melhoria das aprendizagens dos alunos, como por exemplo:

- Impedir que escola fique desenquadrada da realidade social [32];
- Motivar para a aprendizagem de conteúdos programáticos de outras disciplinas, permitindo a inter e a transdisciplinaridade [56, 57];
- Adquirir competências de criatividade, autonomia, pensamento crítico [56] que lhes permitirão resolver problemas do quotidiano;
- Facilitar a identificação de dificuldades dos alunos [56];

- Possibilitar a simulação de experiências que decorrem em condições impossíveis de reproduzir, que ocorrem de forma muito rápida ou extremamente lenta ou que utilizam materiais perigosos [56], rentabilizando o tempo e limitando os custos [57];
- Permitir a utilização de Internet de uma forma mais controlada e eficaz, obtendo em qualquer espaço geográfico as mesmas informações que lhes permitem estar actualizados científica, social, cultural, politica, economicamente [54, 58], comunicando rápida e facilmente com pessoas em qualquer lugar do planeta, desde que tenham ligação à WWW;
- Disponibilizar trabalhos on-line, podendo receber comentários. Ao mesmo tempo partilham e aprendem a criticar trabalhos uns dos outros, desenvolvendo trabalho colaborativo [59].

A mais-valia que as novas tecnologias poderão trazer ao ensino escolar encontra-se vincadamente relacionada com a formação/ preparação que os professores possuem [58], acrescentando Brilha [60] que é fundamental que existam disciplinas nos seus cursos de formação inicial que permitam fazer analisar e desenvolver recursos educativos multimédia.

Como escreveram Morais e Paiva [56], *as tecnologias são um bom pretexto para a mudança, mas não são mais do que isso, pois a renovação terá de estar sempre para além de uma máquina!*

2.3- O Ensino das Ciências em Portugal

No nosso país, apesar de se falar constantemente em Inovação Curricular, ainda se continuam a verificar, nas nossas salas de aula, metodologias de ensino ditas tradicionais, centrado na transmissão de conhecimentos.

Segundo Cachapuz *et al* [20], o ensino das ciências *é globalmente medíocre e necessita de transformações profundas desde o 1º ciclo do ensino básico*. Estes autores apontam ainda dez causas responsáveis pela baixa qualidade do actual ensino das ciências:

1- ensino das Ciências que *começa demasiado tarde e termina demasiado cedo, não se inserindo numa perspectiva de aprendizagem ao longo da vida;*

2- ensino das Ciências fortemente marcado por uma visão positivista da Ciência (…) sobrevalorizando contextos académicos (…);

3- ensino das Ciências quase só tendo lugar em ambientes formais (escola), não explorando sinergismos com a comunidade científica, trabalho de campo, clubes de Ciência,

visitas a centros de investigação, instalações industriais, centros de Ciência, museus de Ciência…;

4- ensino das Ciências sub-valorizando (de facto) o desenvolvimento de competências e atitudes científicas (…);

5- ensino não experimental;

6- o uso (…) das novas tecnologias da informação e comunicação como recurso didáctico é praticamente simbólico;

7- ensino das Ciências onde a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade estão ausentes;

8- ensino das Ciências onde o carácter transmissivo asfixia o investigativo;

9- ensino das Ciências onde se burocratizam as funções do professor;

10- ensino das Ciências privilegiando a extensão e não a profundidade nas abordagens programáticas (…).

Todos os anos nos deparamos com os fracos resultados dos exames nacionais do ensino secundário nas disciplinas de cariz científico, como a Física e a Matemática.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) promove a realização de estudos comparativos onde se identificam boas práticas e limitações, no sentido de encontrar soluções conjuntas para problemas comuns, a nível nacional e internacional.

Exemplo de um destes estudos é o *Project for International Student Assessment* (PISA), criado em 1997 que constitui um compromisso de monitorização, numa perspectiva comparativa a nível internacional dos resultados dos sistemas educativos em termos de desempenho dos alunos dos diversos países, com objectivo de conhecer o estado nacional da educação, trocar experiências, aprendendo uns com os outros [61]. Este estudo realiza-se trienalmente, sendo o de 2006 dirigido para a avaliação das competências científicas de alunos com 15 anos de idade. Esta idade foi a escolhida uma vez que corresponde à idade em que a generalidade dos alunos dos diferentes países termina a sua escolaridade obrigatória [62].

No âmbito do Relatório Nacional do PISA, 2006 [63], Literacia Científica reúne:

- O conhecimento científico, e a sua utilização para *identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenómenos científicos e retirar conclusões baseadas em evidências sobre questões relacionadas com ciência*;
- *A compreensão das características próprias da ciência enquanto forma de conhecimento e de investigação;*

- *A consciência do modo como a ciência e a tecnologia influenciam os ambientes material, intelectual e cultural das sociedades;*
- *A vontade de envolvimento em questões relacionadas com ciência e com o conhecimento científico, enquanto cidadão consciente,* de forma a compreender e a apoiar a tomada de decisões acerca do mundo natural e das mudanças nele efectuadas através da actividade humana [61].

Quanto aos níveis de literacia científica [63], podemos constatar que os alunos portugueses com idade de 15 anos não apresentam bons níveis, quando comparados com jovens da mesma idade da maioria dos países da OCDE. Da leitura atenta do relatório, importa salientar:

- Registou-se uma evolução positiva do desempenho médio dos alunos portugueses, desde 2000. Numa escala até 600, Portugal obteve 459 pontos em 2000, 468 pontos em 2003 e 474 pontos em 2006, no entanto, continuamos abaixo da média da OCDE (500 pontos). Este resultado deve-se essencialmente ao facto de existir um número representativo de alunos com 15 anos ainda a frequentar o 3º Ciclo do EB, que ainda não possuem as competências mínimas necessárias à realização com sucesso do teste cognitivo do programa. Se fossem apenas contabilizados os resultados referentes aos alunos que frequentam o ES (10 e 11º anos), obteríamos uma pontuação superior a 500;
- Em relação a todos os 57 países que integraram o estudo, os alunos portugueses ocupam a 37ª posição, obtendo um resultado semelhante a outros países mediterrâneos como a Itália (475) e a Grécia (473);
- No cômputo dos 30 países que constituem a OCDE, Portugal ocupa a 28ª posição;
- Relativamente à razão custo/ aluno, Portugal apresenta custos semelhantes aos da Nova Zelândia e à Coreia, obtendo resultados significativamente mais baixos que os dois com 530 e 522, respectivamente.

Dado o cenário menos positivo do estado do ensino das ciências em Portugal e da baixa literacia científica dos portugueses, vários são os esforços institucionais e sociais para ultrapassar estas dificuldades.

Em 1969 foi inaugurada, em Portugal, a Fundação Calouste Gulbenkian [64], que tem prestado um valoroso auxílio na evolução do ensino das ciências e no aumento da literacia científica. Esta instituição tem vindo a conceder várias bolsas de investigação que visam estudar e implementar projectos nas áreas de Arte, Beneficência, Ciência e Educação, entre outros.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (MCTES) [65] está a desenvolver esforços para melhorar a qualidade de ensino das ciências. Neste sentido foi criado em Julho de 1996, por Despacho I Nº 6/MCT/96, de 01.07.96, o programa Ciência Viva *que tem como missão a promoção da cultura científica e tecnológica junto da população portuguesa* [66]. Este projecto apoia o ensino experimental das ciências, promovendo um concurso anual para financiamento de projectos nacionais, construindo actividades que permitem aos jovens o contacto com actividades experimentais nos Centros *Ciência Viva* e *Ciência Viva no Verão* e realizando campanhas de divulgação da ciência.

Em 1997, o MCTES criou a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) que promove *a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico nacionais pelo financiamento de bolsas, projectos e instituições de investigação científica* [67]. Esta Fundação tem possibilitado a implementação de inúmeros projectos nas áreas de ciências exactas, naturais, sociais, da saúde, humanidades e engenharia.

Mais recentemente, temos verificado o empenho demonstrado pelo actual governo em modernizar as nossas escolas, através da aquisição, de equipamentos modernos. A 23 de Julho de 2007, a Ministra da Educação tornou público o Plano Tecnológico do governo referindo que, *no seu conjunto, este plano integrado dotará as escolas dos meios tecnológicos mais modernos, hoje disponíveis no mercado, permitindo a todas as escolas o acesso a equipamento tecnológico que sustente a modernização dos procedimentos administrativos e pedagógicos, desde a entrada da escola até à sala de aula, passando pela secretaria, pela biblioteca, e pelos espaços de convívio* [68]. Uma meta deste plano é que em 2010 exista *um computador com ligação à Internet para cada 2 alunos* [69].

Outro exemplo é o Programa de Formação de Professores do 1º Ciclo do Ensino Básico em Ensino Experimental das Ciências, iniciado no ano lectivo 2006/ 2007 [70] que aposta na formação contínua dos professores para que estes desenvolvam mais actividades práticas de cariz experimental com os seus alunos, logo nos primeiros anos de escolaridade.

Têm também surgido projectos meritórios que vêm valorizar o ensino das ciências em Portugal, sendo alguns deles referidos no quadro da EDS [17]:

- Projecto **Carbon Force - Missão Possível -** surge da cooperação entre o Instituto do Ambiente e o Instituto Superior Técnico, no âmbito do tema das alterações climáticas. É direccionado para as escolas do 3.º Ciclo do EB [71].
- Projecto ***Carta da Terra. Instrumento de sustentabilidade*** - elaborado pela Associação Portuguesa de Educação Ambiental vocacionado para Comunidades Educativas

situadas em meio rural, em escolas do EB e da Educação Pré-Escolar. O projecto visa a disseminação dos valores e princípios da Carta da Terra iniciada na Cimeira da Terra, no Rio de Janeiro, em 1992 [72].

- Projecto **O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia -** elaborado e financiado pelo Grupo Energias de Portugal (EDP) que tem como objectivo utilizar os alunos como veículo de disseminação de conhecimento de forma a sensibilizar a população para o uso sustentável dos recursos naturais e consequente poupança de energia, através da utilização de medidas simples quotidianas [73].
- Programa ***Eurolifenet*** - concebido e implementado pelo Centro de Investigação de Tecnologias de Informação para uma Democracia Participativa (CITIDEP) e seus parceiros, no âmbito das temáticas de *Ambiente, Saúde, Educação e Cidadania* para a Europa [74].

2.3.1- O Ensino das Ciências no Ensino Secundário

Em 2003 o Ministério da Educação (ME) elaborou o Documento Orientador da Revisão Curricular do Ensino Secundário que aponta os seguintes objectivos estratégicos [75]:

- O aumento da qualidade das aprendizagens;
- O combate ao insucesso e abandono escolares;
- Uma resposta aos desafios da sociedade da informação e do conhecimento;
- A articulação progressiva entre as políticas de educação e da formação;
- O reforço da autonomia das escolas.

O mesmo documento estabelece Princípios Orientadores, dos quais se destacam:

1. *Unidades lectivas de 90 minutos*, o que permite uma maior interacção entre a componente mais expositiva da aula e a realização de Trabalho Prático (TP), em especial de cariz experimental.
2. *O ensino obrigatório de uma disciplina de TIC.*
3. Frequência de uma nova área curricular não disciplinar: *Área Projecto (AP) ou Projecto Tecnológico*, que representa um espaço de intercepção entre os conteúdos científicos adquiridos ao longo do ES.
4. *Redução e melhor distribuição do número de exames pelos 11.º e 12.º anos*, que serão realizados pelos alunos em função das exigências do acesso aos cursos do ensino superior seleccionados.

Em Outubro de 2006, surgiu o 2º Relatório do Estudo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário [76] realizado pelo Grupo de Avaliação e Acompanhamento responsável pela mesma, onde se refere a diminuição da realização de actividades práticas ao longo dos 3 anos do ES devido, sobretudo, à extinção das disciplinas técnicas. O mesmo grupo, em Fevereiro de 2007, terminou o Relatório de Recomendações [77] que refere, entre outros, que deverá ser reforçada a vertente prática e/ ou experimental nos Cursos Científicos-Humanísticos, deixando a dúvida sobre a mais-valia da disciplina de TIC na formação geral dos mesmos.

Em 26 de Julho de 2007, o ME comunicou as alterações curriculares nos cursos Científicos-Humanísticos [78], que entraram em vigor no ano lectivo de 2007/2008, com base no Relatório elaborado pelo Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do ES. Assim,

- Os alunos, no 10.º ano, iniciarão a frequência obrigatória de duas disciplinas bienais da componente de formação específica;
- Será atribuído um acréscimo de 45 minutos na carga horária das disciplinas bienais de Física e Química A e de Biologia e Geologia e nas disciplinas anuais de Física, Química, Biologia e Geologia, associado a uma unidade lectiva de 90 minutos (135 minutos) de forma a contemplar maior carga horária para realização de TP nas aulas, tendo a componente prática e/ou experimental um peso mínimo de 30 por cento [79];
- De forma a incrementar a literacia no âmbito do conhecimento e utilização das novas tecnologias, a disciplina de TIC do 10.º ano passa a ser leccionada no 8.º ano do EB, com tempo lectivo de 90 minutos, preferencialmente na área curricular não disciplinar de AP.

2.4. Área de Projecto

Como foi referido anteriormente, o ensino das ciências assume um carácter disciplinar, com pouca interdisciplinaridade, sendo a maioria das aulas muito teóricas e metodologicamente pouco ricas.

Para atenuar esta situação, a área curricular não disciplinar de AP tem n*atureza interdisciplinar e transdisciplinar, visando a realização de projectos concretos por parte dos alunos, com o fim de desenvolver nestes uma visão integradora do saber* [80].

A AP é leccionada no 12º ano, tem carácter obrigatório [80], carga horária semanal de 2 unidades lectivas de 90 minutos [81] e possui avaliação de natureza eminentemente formativa e sumativa. Constitui um espaço privilegiado para educar para a cidadania [10], utilizando metodologias activas de trabalho de projecto [80, 82].

Os alunos *abandonam o papel passivo de consumidores do conhecimento e assumem o papel activo de construtores de significado* [83], numa área em que o currículo é uma construção inacabada em constante mudança.

As finalidades subjacentes à AP encontram-se no documento de orientações [80], entre as quais:

- *Promover uma cultura de liberdade, participação, reflexão, qualidade e avaliação que realce a responsabilidade de cada um nos processos de mudança pessoal e social;*
- *Desenvolver atitudes de responsabilização pessoal e social dos alunos na constituição dos seus itinerários e projectos de vida, sob uma perspectiva de formação para a cidadania participada, para a aprendizagem ao longo da vida e para a promoção de um espírito empreendedor;*
- *Promover a orientação escolar e profissional dos alunos, relacionando os projectos desenvolvidos com os seus contextos sociais e, em particular, com os contextos de trabalho e as saídas profissionais.*

De forma a atingir estas finalidades, os alunos deverão seguir uma Metodologia de Trabalho de Projecto (MTP), elaborando e calendarizando percursos individuais e de grupo [83], questionando, negociando actividades para resolver problemas concretos [82] de forma integrada [80, 83], utilizando ferramentas de tratamento de dados, analisando, seleccionando e interpretando informação, monitorizando fenómenos observáveis [75], tomando decisões, argumentando e comunicando-as a seus pares e à comunidade [80]. Deste trabalho de partilha em grupo, deverá resultar um produto final concreto sujeito a avaliação, sendo individualizado o contributo de cada elemento [75], investindo no processo e não apenas no produto final [82].

O professor responsável pela AP deverá leccionar o 12º ano, ou leccionar disciplinas relacionadas com o curso, com competências em MTP, com conhecimentos acerca do meio cultural, social e económico que envolvem a escola [80]. O professor poderá articular o seu trabalho com outros professores, especialistas, técnicos, empresas e instituições do meio onde a escola está inserida, identificando saídas profissionais associadas aos projectos desenvolvidos pelos alunos.

2.4.1- Introdução da Área de Projecto no Ensino Secundário

A introdução da AP no ES ocorreu no ano lectivo de 2006/2007, tendo sido objecto de avaliação, em 2007, do 4º Relatório do Estudo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário [84]. Este indica como factores menos positivos:

- Carência de recursos materiais e financeiros para suportar a execução das actividades, em especial computadores, ligação rápida à Internet, materiais perecíveis, salas apetrechadas;
- A intervenção dos professores não responsáveis pela AP é pontual decorrendo de solicitações localizadas;
- Os professores manifestam alguma insegurança na avaliação das aprendizagens dos alunos, em especial na identificação dos objectos de avaliação, estabelecimento de critérios de avaliação e construção de instrumentos de avaliação.

O mesmo relatório refere como factores mais positivos:

- A maioria dos projectos desenvolve temas relacionados com a natureza do curso dos alunos;
- A maioria dos professores permitiu a escolha dos temas que suscitaram mais motivação por parte dos alunos, permitindo a formação de grupos segundo afinidades entre os estudantes ou segundo os temas dos trabalhos;
- As principais aprendizagens proporcionadas pela AP são transversais, existindo trabalho em equipa, com espaço para a calendarização, investigação e gestão de informação, resolução de problemas.

Como sugestão, este relatório indica a construção de um portal da responsabilidade do ME, onde as escolas possam divulgar as boas práticas, disponibilizar materiais e trocar ideias num fórum de discussão.

2.4.2- Metodologia de Trabalho de Projecto

Um projecto pode ser definido como todo o percurso que se realiza entre a ideia inicial e o resultado final, onde os alunos são os construtores [85].

A MTP é um dos processos de trabalho preferenciais em AP [82] que advoga a aprendizagem como uma actividade social, cultural, enraizada na realidade actual do aluno

que será desafiado a usar os seus conhecimentos para explorar, negociar, interpretar e criar produtos e soluções para problemas emergentes reais [86].

Esta metodologia surge da tentativa de criar novas práticas que reflictam o ambiente onde as crianças vivem e aprendem, comprometendo os estudantes no seu processo de aprendizagem, não apenas em termos de conhecimento teórico, mas de competências processuais e comportamentais para viver com qualidade numa sociedade baseada em tecnologia e conhecimento [87]. A MTP pode funcionar como uma *alfabetização à investigação científica.* [88]

Os alunos serão envolvidos em actividades de investigação, resolução de problemas, planificação, reavaliação e reformulação do trabalho que pretendem desenvolver, irão recolher, analisar e interpretar dados, sendo constantemente envolvidos em processos de tomada de decisões [89].

Esta metodologia permite a realização de trabalho autónomo por parte dos alunos durante um período de tempo significativo que terminará com a elaboração de produtos palpáveis e a apresentação dos mesmos e do trabalho desenvolvido [89].

Através desta visão interdisciplinar [90], os alunos podem compreender e encadear conceitos de uma forma contextualizada, não ficando *guardados nas gavetas das disciplinas* [91].

A implementação desta metodologia tem como principais vantagens:

- Esbater dicotomias entre teoria e prática, conhecimento e pensamento, aprender e fazer [86];
- Reconhecer nos estudantes a capacidade de realizar trabalho sério, exigente e rigoroso, centrando-se no desenvolvimento de actividades planificadas no sentido de dar resposta a um desafio complexo, controverso e autêntico cujos novos conhecimentos e *skills* são parte integrante dos conteúdos de uma ou mais disciplinas do currículo [86];
- Utilizar metodologias de resolução de problemas [82, 86];
- Integrar os conteúdos programáticos com a realidade social [86], ficando os alunos com uma visão holística do seu mundo [92];
- Encorajar o desenvolvimento de hábitos de pensamento associados à aprendizagem ao longo da vida e ao sucesso futuro na profissão escolhida [86, 87];
- Implicar os alunos numa metodologia de avaliação reguladora [82], devendo estes ter conhecimento da forma como serão avaliados [90];

- Aprofundar a relação professor-aluno [90], encorajando o envolvimento de outros professores, instituições, empresas, cientistas, familiares dos alunos e da comunidade em geral, trazendo a escola para a vida real [87].

2.4.3- Etapas de desenvolvimento da Metodologia de Trabalho de Projecto

Diferentes autores dividem as etapas do trabalho de projecto de forma mais ou menos semelhante. Neste trabalho, optamos por seguir a divisão escolhida no Documento de Orientações da AP, no entanto, concordamos com Leite e Santos [82] e Many e Guimarães [85] que deverá existir uma pré-etapa denominada "Anteprojecto", que corresponde a uma etapa de preparação dos professores antes do início do ano lectivo. O professor deverá informar-se, organizar e preparar o trabalho a desenvolver por si e pelos alunos, ao longo do ano lectivo, devendo:

- Analisar os documentos oficiais referentes à AP e informação sobre a MTP [88];
- Identificar os conteúdos/ temas que permitem uma abordagem transversal [88];
- Reunir com os restantes professores da escola, em especial do conselho de turma, de forma a identificar os que poderão intervir em algumas fases do trabalho de projecto [80, 85, 88];
- Averiguar quais os recursos (institucionais, humanos, materiais e informativos) existentes na escola e familiarizar-se com os mesmos [85].

A. Selecção do tema/problema e do grupo de trabalho

Nesta primeira fase, serão seleccionados o tema e os sub-temas de trabalho.

A selecção do tema, segundo Leite e Santos [82], poderá ser feita de diferentes maneiras, podendo:

- Ser escolhido pelos alunos e negociado com o professor;
- Ser apresentado pelo professor e negociado com os alunos;
- Partir do Projecto Educativo da escola;
- Surgir a partir de trabalho de campo, onde os alunos irão questionar colegas, professores, auxiliares, familiares, instituições ouvindo as suas ideias de forma a escolher um tema com relevância social.

O professor poderá sugerir a realização de um debate [93] ou b*rainstorming* [85] para os alunos reflectirem sobre as suas preferências, motivações intrínsecas, questões, experiências ou problemas que sintam.

A escolha do tema, segundo Monteiro [93], deve ter em conta:

- As opções vocacionais, perspectivas profissionais ou interesses pessoais dos alunos;
- Os saberes e competências que se pretendem propiciar através da realização do projecto;
- O equilíbrio entre os recursos necessários à implementação do projecto e os recursos disponíveis para o desenvolver;
- O tipo de produtos que se pretendem elaborar.

Deverá ainda estar relacionado com a realidade sócio-cultural circundante, os objectivos definidos, o público-alvo, o equilíbrio entre grau de dificuldade da pesquisa e nível etário dos alunos e o tempo disponível para a realização do projecto [85].

A partir da escolha do tema, poderá ocorrer a definição dos sub-temas a trabalhar pelos diferentes grupos.

Para que o projecto se realize da melhor forma, é muito importante a formação e gestão dos grupos de trabalho, num número entre os 3 e os 5 indivíduos [93] existindo vários critérios para a sua constituição [82]:

- Identificação com os sub-temas. Poderá ocorrer uma redistribuição dos papéis dos vários elementos devendo cada um aprender a adaptar-se e a interagir de forma diferente [85];
- Características pessoais: o grupo pode ser formado por um grupo heterogéneo de alunos, de forma a aumentar a diferença de pontos de vista e a promover a discussão;
- Escolha afectiva: os alunos podem formar o seu grupo segundo as suas relações interpessoais;
- Jogo de acaso: o professor pode implementar um jogo (ou uma dinâmica de grupo) que determine os elementos que irão constituir os grupos de trabalho.

Ao longo da elaboração do projecto, poderão surgir situações de rejeição, momentos de tensão e conflito entre os elementos do mesmo grupo, tendo o professor um papel importante como mediador de conflitos.

B. Concepção e elaboração do projecto

Esta é uma etapa de grande dinamismo, onde os alunos poderão discutir as suas ideias, que deverão ser seleccionadas e assentes na forma da planificação do percurso a efectuar. Os

alunos terão oportunidade de *pensar antes de agir, combinar e antecipar metas* [82], podendo introduzir uma certa dose de utopia, devendo o professor estar atento e estabelecer limites mais reais aos seus “sonhos”.

Nesta etapa deverá ser feito, por parte dos alunos [88, 93]:

- Decisão clara do(s) produto(s) a elaborar que serão a força motriz para a elaboração de projectos [90];
- Definição das questões/ problemas de partida, devendo ter o cuidado de integrar o maior número possível de assuntos e visões que compõem a realidade, vendo-a como complexa em termos de relações entre assuntos, e de relações com conteúdos programáticos já abordados ou a abordar [94];
- Início da elaboração de um portfólio onde os alunos poderão registar todo o trabalho que foi efectuado e fazer previsões e ajustes, devendo ser construído à imagem do grupo, de forma a poder ser rápida e facilmente consultado por todos os elementos e mostrado ao professor, para que este possa acompanhar e avaliar o desenvolvimento do trabalho do grupo;
- Identificação dos recursos materiais e humanos existentes e disponíveis, incluindo quais os locais, pessoas, instituições a contactar. Definir quais os aparelhos e programas multimédia necessários para o prosseguimento do projecto;
- Identificação de saberes necessários para a prossecução do projecto e para a elaboração do(s) produto(s);
- Elaboração dos objectivos gerais e sua especificação em objectivos parcelares;
- Planificação e calendarização do trabalho a desenvolver explicitando as diferentes fases, as tarefas, estratégias e recursos. Podem ainda reflectir sobre alguns constrangimentos que poderão surgir [90], assim como limitações e potencialidades do projecto. Os alunos deverão ainda definir quais os instrumentos de recolha de dados que irão utilizar. É crucial que todos os alunos sejam envolvidos da mesma forma na elaboração da planificação de forma a sentirem-na como sua, tornando-se mais activos e responsáveis pelos caminhos que decidiram traçar [94];
- Divisão de tarefas pelos diferentes elementos do grupo, de forma a maximizar as potencialidades individuais e colectivas;
- Previsão de orçamentos;
- Definição de formas de apresentação do trabalho final.

C. Execução sustentada do projecto e realização do(s) produto(s)

Esta é a fase mais longa do projecto, onde os alunos irão concretizar o percurso e o(s) produto(s) proposto(s). Ao longo desta caminhada, vários poderão ser os obstáculos, requerendo novas e criativas alternativas para os contornar ou, na impossibilidade de o fazer, para escolher um novo caminho.

Os alunos realizarão as suas tarefas dentro e fora da sala de aula, recolhendo dados por pesquisa bibliográfica, observação directa, aplicando instrumentos de recolha e registo de dados, consultando bases de dados, entre outros. O material recolhido será sujeito a tratamento [93].

Os alunos enriquecem o seu diário de bordo anexando toda a informação recolhida, e todas as alterações/ reformulações que fizerem em relação à planificação inicial. Periodicamente deverão elaborar relatórios do trabalho desenvolvido [93].

Os professores terão um papel fundamental junto dos grupos, devendo:

- Estar atentos ao que está e ao que não está a funcionar [90], registando debates, reformulações e produtos já concretizados [93];
- Fazer críticas construtivas, colaborando na elaboração de instrumentos para recolha de dados [88];
- Fornecer instrumentos de trabalho já elaborados e adaptados [88];
- Destacar atitudes e comportamentos a ter durante a pesquisa no terreno [88];
- Registar o cumprimento da planificação/ calendarização, estabelecendo limites temporais adequados para a realização das actividades [94];

D. Elaboração do relatório do processo e apresentação pública do produto e do respectivo relatório

Nesta etapa, os alunos irão concluir a elaboração dos produtos propostos.

De seguida, elaboram o relatório final que serve como elemento de avaliação. A execução deste relatório ajuda a organizar o pensamento [88], transformando em palavras todo o trabalho realizado, assim como todas as dificuldades, obstáculos, reformulações, situações embaraçosas, imprevistas ou engraçadas que aconteceram. Deverão ainda dar resposta às questões ou problemas iniciais que motivaram as suas pesquisas.

Após a conclusão do relatório, os alunos iniciarão a preparação da apresentação que irá fechar um ciclo de trabalho. Mediante a apresentação escolhida (mais activa ou mais expositiva) [85], os alunos poderão elaborar o programa, convites, panfletos, para entregar ao

público. A data da apresentação não deve coincidir com o final do ano lectivo, uma vez que os alunos se encontram mais sobrecarregados com a realização de provas de avaliação sumativa, ou exames nacionais [88]. Poderá ser um momento de grande tensão para os alunos uma vez que se sentirão muito expostos, podendo ser também momento de grande alegria e orgulho. No final da mesma, poderá existir um tempo para que ocorra questionamento e esclarecimento das dúvidas do público [85].

Também a apresentação deverá constituir um elemento de avaliação, não apenas de saberes teóricos, mas de comportamentos e procedimentos [88], no sentido de melhorar próximos desempenhos.

2.5. Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica

Hoje em dia, não é raro ouvir nos noticiários, na escola, nas nossas casas, falar sobre Poluição Atmosférica, sendo já do conhecimento público a sua influência nefasta na saúde. Estatísticas de 2002 indicam que 89% dos cidadãos europeus se preocupam com o impacto do ambiente na sua saúde [95, 96]. Para Silva e Mendes [97], constitui um dos principais factores de degradação da qualidade de vida, em especial em espaços urbanos, tendendo a aumentar devido ao desenvolvimento desequilibrado dos espaços urbanos, ao aumento da mobilidade das populações, à actividade industrial e à crescente desflorestação.

Em condições naturais, a atmosfera garante a eliminação de substâncias nela descarregadas pelos seres vivos [98]. No entanto, quando são lançadas demasiadas substâncias para a atmosfera, e é alterada a sua composição química natural, este sistema perde a capacidade de se auto-regular. Se as substâncias existem em concentrações suficientemente elevadas podem ser prejudiciais à vida e ao património (construído e ambiental) passando a ocorrer um fenómeno que se denomina poluição atmosférica.

Esta não se deve exclusivamente à actividade humana [99], podendo ter origem em causas naturais [100, 101].

Um poluente atmosférico pode ser um gás ou material particulado [102] que, em concentrações suficientemente elevadas, pode ser prejudicial à vida e/ ou propriedade [100].

Segundo a sua origem, podem ser denominados:

- Poluentes Primários: emitidos directamente para a atmosfera a partir de variadas fontes [102], por exemplo, Monóxido de Carbono, Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Partículas, Dióxido de Enxofre e Óxidos de Azoto [100];
- Poluentes Secundários: não são emitidos nessa forma, mas são formados na atmosfera a partir de reacções químicas entre os poluentes primários e outros constituintes atmosféricos, como por exemplo o vapor de água [100].

O impacte dos poluentes na qualidade do ar está relacionado com a sua composição química, concentração na massa de ar e condições meteorológicas [98].

A dispersão dos poluentes atmosféricos é afectada pelo vento, estabilidade atmosférica e variações verticais da temperatura. O vento transporta horizontalmente os poluentes, diluindo-os, diminuindo a sua perigosidade. Pelo contrário, quando existe estabilidade atmosférica, mesmo emissões baixas podem ser problemáticas [100].

Os poluentes atmosféricos serão depositados por acção da força gravítica no solo - deposição gravítica seca ou por dissolução em gotas de chuva, originando chuvas ácidas - deposição húmida [97, 103].

Os custos associados à poluição atmosférica são elevados, quer sejam expressos em termos de consequências biológicas, quer em termos de impactos económicos [100], como por exemplo:

- Nas plantas pode ocorrer deposição de poluentes na superfície das folhas causando corrosão da cutícula e danos no mecanismo de abertura e fecho dos estomas com consequente diminuição das funções de fotossíntese, respiração e transpiração, o que se traduzirá num crescimento mais lento [98] e numa maior vulnerabilidade a doenças e parasitas [98, 100];
- Nos animais a contaminação poderá ocorrer através do ar que respiram ou através das plantas e animais contaminadas com poluentes atmosféricos de que se alimentam directa ou indirectamente [98];
- No património construído ocorre erosão da superfície de edifícios, pontes, monumentos e pedras tumulares, em especial se forem construídos por calcário [104], corrosão da pintura de automóveis [103];
- No património natural pode causar acidificação, eutrofização, destruição de colheitas [105] e aumento da concentração de metais pesados nas cadeias alimentares.

Nem todos os problemas se circunscrevem à escala local, podendo advir problemas à escala global como aquecimento global/ alterações climáticas, chuvas ácidas, deterioração da camada de ozono estratosférico e degradação do ar troposférico.

O conceito de Qualidade do Ar prende-se com o nível de poluição do ar que respiramos [98] e é função da emissão de poluentes e das condições meteorológicas. Pode ser avaliada através de monitorização contínua com recurso a estações fixas, campanhas efectuadas com estações móveis, utilização de modelos com base nas emissões dos diferentes poluentes e nas condições meteorológicas [97].

Para que a informação sobre o estado da qualidade do ar possa chegar diariamente de forma simples e compreensível à população em geral [106], foi criado o Índice da Qualidade do Ar que representa uma classificação qualitativa disponibilizada diariamente na internet pelo IA [107]. O Índice da Qualidade do Ar informa-nos sobre quão limpo/ poluído está o ar e se é necessário tomar medidas de precaução [108]. Quanto maior o seu valor, maior é a poluição e os efeitos na saúde. Resulta da média calculada para cada um dos principais poluentes que são medidos nas estações de uma determinada área, sendo definido a partir do poluente que apresentar valores mais elevados de concentração. Verificou-se que os poluentes que, regra geral, apresentam concentrações mais preocupantes são as partículas inaláveis com diâmetro inferior a 10 µm e o ozono troposférico [106]. As partículas assumem um lugar de destaque pelo número de vezes que ultrapassam o valor limite legislado, em especial nas zonas urbanas [109].

A União Europeia (UE) tem realizado progressos consideráveis nas últimas décadas na diminuição da poluição atmosférica, no entanto esta continua a ser um problema grave, estimando-se que mais de 45% da população europeia que vive em zonas urbanas foi exposta a concentrações de partículas acima dos limites legais e que mais de 60% foi exposta a níveis de ozono que excedem os valores legislados [105].

2.5.1- Substâncias poluentes – Partículas Inaláveis

As partículas inaláveis [106] (PM - *Particulate matter*, designação em Inglês) podem ser apelidadas matéria particulada [110], ou aerossóis [98] e representam a soma de todas as partículas sólidas e líquidas com diferentes formas, tamanhos e propriedades físicas, químicas e termodinâmicas [111, 112] que se encontram em suspensão na atmosfera.

Podem ser orgânicas e inorgânicas [113, 114], incluindo carbono, sulfatos, nitratos, metais, ácidos e compostos voláteis [115], variando o seu diâmetro entre 10 nm e 100 µm [102, 114].

As fontes antropogénicas de PM são actividades humanas como a construção civil [96, 115], a produção de energia [116], a utilização de equipamentos [115] e veículos motorizados, a queima de combustíveis fósseis [115] e madeira, como por exemplo, em lareiras [108], actividades domésticas [117] e actividades industriais, em especial em cimenteiras, siderurgias e pedreiras [108].

O contributo de emissões de origem natural não é desprezável [106]. Exemplos de fontes naturais de PM são: erupções vulcânicas, incêndios florestais de origem natural, spray marinho [118], materiais biológicos – bioaerossóis (pólen, esporos, microrganismos, cinzas) [97] e erosão eólica [98] responsável pelo transporte de partículas provenientes do deserto do Saara [96].

O tamanho das PM é de grande importância em termos classificativos uma vez que influencia as propriedades físicas e químicas das partículas, assim como o seu transporte e remoção da atmosfera [119]. As partículas mais pequenas podem juntar-se e aumentar o seu tamanho, tendo maior tempo de permanência (semanas, meses) [120] na atmosfera, podendo ser transportadas a grandes distâncias em relação ao seu local de origem [114]. As de maiores dimensões sedimentam mais rapidamente por acção da força gravítica [102].

A massa e a composição das PM com maior impacto na saúde humana, deram origem a uma divisão em dois grupos: PM10 e PM2,5. As PM10 têm dimensões entre 2,5 e 10 µm [121], geralmente são constituídas por partículas provenientes da crosta terrestre [120] e poeiras de estradas ou indústrias.

Segundo a Directiva da UE de 21 de Maio de 2008, as PM2,5 são *as partículas em suspensão que passam através de um filtro selectivo, definido no método de referência para a amostragem e medição de PM2,5, norma EN 14907, com 50 % de eficiência para um diâmetro aerodinâmico de 2,5 µm*, denominando-se partículas finas [122]. Para mais facilmente compreendermos as dimensões das PM2,5, podemos estabelecer uma comparação entre estas e um cabelo humano que tem cerca de 100µm de largura [123].

Pode ainda falar-se em partículas ultra-finas (PM0,1) com diâmetro inferior a 100 nm e nanopartículas com diâmetro inferior a 50 nm [121].

Actualmente, ainda não foi definido um limiar abaixo do qual as PM2,5 serão inofensivas [122]. No entanto, é objectivo diminuir as concentrações urbanas destas partículas de forma a melhorar a qualidade do ar e, consequentemente, a qualidade de vida das populações.

a) Efeitos na saúde humana e nos ecossistemas

A associação entre a poluição atmosférica e a saúde humana já é conhecida há muito tempo [124].

As PM constituem um dos poluentes atmosféricos mais graves em termos de saúde pública [125]. Estudos da Comissão Europeia estimam que, no ano 2000, morreram prematuramente cerca de 350.000 europeus devido exclusivamente à poluição do ar por partículas finas [109]. Os efeitos negativos são observados para todos os níveis de exposição, mesmo a níveis muito baixos de concentração [117].

É muito difícil avaliar os efeitos do ar poluído na saúde humana, uma vez que estes dependem da natureza química e propriedades físicas, tamanho e concentração de PM no ar atmosférico, da duração da exposição [123], da localização da actuação das PM [98] e da idade e sensibilidade das pessoas que são expostas [115]. No entanto, existem alguns indicadores que nos permitem relacionar as PM com efeitos na saúde humana, como por exemplo, a entrada de pessoas nas urgências dos hospitais [112, 126], o aumento de internamentos hospitalares [127], o número de mortes devido a doenças-cardiovasculares ou respiratórias (dados das agências funerárias) ou a diminuta assiduidade às aulas e ao trabalho [103], em dias que correspondem a uma maior concentração de PM na atmosfera.

Vários estudos indicam que o tamanho das PM influencia a forma como as partículas se depositam no sistema respiratório humano. As partículas de maiores dimensões são normalmente filtradas e eliminadas ao nível do nariz e vias respiratórias superiores [114, 115]. As partículas de diâmetro inferior a 2,5 μm podem atingir os alvéolos pulmonares e penetrar no sistema sanguíneo. Refira-se também que as partículas podem absorver hidrocarbonetos e metais pesados conduzindo-os até aos pulmões onde serão transportados pela corrente sanguínea [114].

A exposição às partículas está associada a vários problemas de saúde que vão desde problemas pulmonares a cardiovasculares [103, 117, 126-129]. Podem ocorrer sintomas como tosse persistente [115], respiração dolorosa, diminuição da função pulmonar [97, 103], perda de fôlego, dificuldades em ventilar, dores no peito [108, 115], arritmias cardíacas [103], fadiga, cefaleias, secura ou irritação nos olhos [96, 115] e mucosas [123], alergias ou hipersensibilidade a esporos ou outras substâncias químicas [96, 123]. Estes sintomas estão relacionados com doenças como a rinite e a asma. Podem ainda amplificar a susceptibilidade de infecções respiratórias como a bronquite crónica [97, 103, 108, 115, 123], infecções bacterianas e fúngicas, fibroses [123] ou o cancro [117, 123], podendo sobrevir a morte [97, 115, 123].

A associação entre exposição pessoal e doenças está influenciada por factores genéticos, idade, nutrição, estilo de vida e factores socioeconómicos, como a pobreza ou o grau de instrução [126], verificando-se, normalmente, os efeitos mais graves entre os grupos mais vulneráveis, como as crianças, os idosos [96], pessoas com doenças cardiovasculares e/ ou respiratórias [115, 130], pessoas que costumam praticar exercício físico ao ar livre [103] ou que estejam expostas a grandes concentrações de PM, como por exemplo, as pessoas que vivem perto de uma via muito movimentada [131].

Estudos efectuados demonstram que a diminuição da concentração de PM na atmosfera, com melhoria da Qualidade do Ar, se traduz em benefícios para a saúde [132-134].

Para o nosso país, os estudos de base efectuados no âmbito do Programa *Clear Air For Europe* (CAFE) [135] apontam, para o ano de 2020, uma redução da esperança média de vida em cerca de 3,2 meses como consequência da exposição às PM2,5 [96].

As partículas transportadas pelo vento podem sedimentar no solo ou em água, causando problemas ambientais graves como acidificação, alteração do equilíbrio dos nutrientes das águas, depleção de nutrientes do solo, deterioração de florestas e solos agrícolas e consequente diminuição de diversidade nos ecossistemas [104].

São ainda responsáveis por aumentar a turbidez do ar com redução da visibilidade, intervêm na formação de nuvens, nevoeiros, precipitação e absorção de radiação solar e potenciam os efeitos causados por outros poluentes [104].

b) Níveis de exposição (interior, exterior e pessoal)

A maioria dos estudos de monitorização fornecem dados de exposição ao ar exterior, no entanto, é de primordial importância identificar os impactos da exposição ao ar interior nos indivíduos, conhecendo a sua exposição pessoal aos poluentes atmosféricos.

Verificou-se que, em muitos edifícios, a falta de qualidade do ar interior tem tido um impacto crescente na saúde dos seus ocupantes. Para aumentar a eficiência energética dos edifícios, diminuíram-se as trocas de ar entre o exterior e o interior dos edifícios, com deficiente ventilação e renovação do ar, criando situações de confinamento que geram degradação do ar interno [110], em especial nos países desenvolvidos [136].

Os níveis de poluição no ar interior podem ser mais elevados que no ar exterior resultando da emissão de poluentes a partir dos próprios materiais existentes, sejam materiais de construção, limpeza [137, 138], mobiliário (móveis, carpetes, cortinados) [110], ou materiais de escritório [139].

Outras fontes de poluição do ar interno por partículas inaláveis são:

- Ar externo [139];
- Bactérias, vírus, pêlo, células epiteliais, entre outros, transmitidos pelos animais [139];
- Esporos libertados por plantas e fungos [139];
- Substâncias minerais, como o amianto [139];
- Microrganismos (bactérias, fungos, ácaros) e vírus transportados por seres humanos através de expiração e transpiração [96, 110]. Podem ainda ser causa indirecta de emissão de PM o desempenho de actividades domésticas como: aspirar (remove partículas de maiores dimensões, mas aumenta a concentração de partículas pequenas no ar) [137, 138], varrer, limpar o pó, cozinhar, utilizar sprays (partículas líquidas) [96];
- Sobreocupação do local de trabalho [96];
- Falta de manutenção de filtros e limpeza dos sistemas de ventilação [96];
- Produtos de combustão: esquentador, lareira, caldeira, fogão, aquecimento a gás, braseira, fumo do tabaco [139], escapes de automóveis (garagens e parques de estacionamento) [137, 138];
- Funcionamento de electrodomésticos [137, 138].

As PM podem depositar-se nas superfícies aumentando a sujidade, danificando máquinas de precisão. Podem ainda ser responsáveis pela descoloração de obras de arte [110].

Através de fenómenos de radioactividade, como o decaimento do radão [139], podem formar-se PM. Este problema é mais pertinente em habitações de granito ou em zonas graníticas, uma vez que o radão pode ser inalado e, por decaimento radioactivo, originar chumbo (metal pesado) que ficará retido indefinidamente nos pulmões, podendo causar doenças graves.

Quando existem queixas de saúde e desconforto como por exemplo: cefaleias, náuseas, tonturas, secura e irritação dos olhos, dificuldades de concentração, garganta seca, pele seca e/ ou vermelhão na face, associadas ao tempo que as pessoas passam no interior desse edifício, estamos perante um fenómeno denominado Síndrome do Edifício Doente [96].

O controlo da Qualidade do Ar no interior dos edifícios é sem dúvida, um problema de saúde pública que importa solucionar, em benefício dos seus ocupantes [140]. Este problema é ainda maior uma vez que, em média, a população passa cerca de 80% [96] do seu tempo no interior de edifícios (casa, local de trabalho, espaços de lazer, escola, zonas comerciais) [141], que se tornam potenciais fontes de risco afectando milhares de Portugueses.

Toda a população deverá ser alertada para os benefícios de arejar regularmente a sua habitação e o seu local de trabalho.

O Plano Nacional de Acção Ambiente e Saúde (PNAAS) [96] apela à necessidade de existir um arquitectura sustentável, não apenas para diminuir os consumos energéticos dos edifícios, mas também para prevenir a emissão/ retenção de PM nos mesmos.

Existem estudos para Portugal que comprovam que a exposição individual aos poluentes difere significativamente dos valores da qualidade do ar devendo-se calcular a exposição pessoal para avaliar mais eficientemente o impacto dos poluentes na saúde humana [109].

2.6. O Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*

O CITIDEP [142], apresentou em Maio de 2005 o Programa EuroLifeNet que tem como objectivos gerais a recolha de dados científico-ambientais e a consciencialização da população através da participação activa na recolha, tratamento e interpretação de dados científicos. A ideia subjacente a este programa é a criação (e amplificação) de uma rede de voluntários que poderão, de forma simples, colher dados de exposição pessoal (por exemplo ao benzeno, PM), em espaços interiores e exteriores.

A comunidade científica necessita urgentemente de dados acerca da exposição pessoal às PM, de forma a estudar os reais impactos destas na saúde humana [143] e informar os decisores políticos para a adopção de políticas públicas de redução/ minoração dos seus efeitos mais perniciosos. Se é relativamente fácil fazer a medição destas partículas em locais exteriores, bastando colocar medidores em zonas representativas de um determinado local, a medição da exposição real a que um cidadão está sujeito ao longo das suas actividades diárias já constitui um grande problema, sendo necessário um gasto elevado de dinheiro para conseguir fazer-se a recolha destes dados.

Para dar resposta a esta dificuldade, foi criado, dentro do referido programa, o Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*. Este projecto visa a criação de sinergias com diferentes escolas, de forma a permitir a obtenção de um número elevado de dados, ao mesmo tempo que os alunos adquirem competências de cooperação a nível europeu, sendo *co-autores do conhecimento científico produzido potenciando o seu envolvimento social e educativo, estimulando e valorizando não só a sua apetência para a ciência a para o conhecimento científico, como a sua mobilização para a defesa do ambiente e da saúde pública. Conhecer mais é sempre o melhor caminho*

para agir melhor. As escolas e os estudantes podem, assim, revelar-se instrumentos privilegiados para abolir barreiras entre a ciência e a sociedade civil (enquanto disseminadores de conhecimentos e de valores assentes nesse conhecimento) e entre o conhecimento científico e o senso comum (Luísa Schmidt, comunicação pessoal). Desta forma, reconhece-se os alunos como veículo privilegiado de mudanças comportamentais e como meio condutor de informação para o seio familiar e social, numa dinâmica de EPC.

Os alunos serão responsáveis pela recolha de dados sobre a exposição pessoal a PM2,5 através da utilização de dois equipamentos distintos: 2 analisadores portáteis AM510 SidePak e um amostrador gravimétrico fixo (capitulo 4.1).

III – PRESSUPOSTOS, OBJECTIVOS E METODOLOGIA

Este capítulo tem como objectivo fazer a apresentação dos pressupostos (3.1), dos objectivos (3.2) e da metodologia (3.3) que levaram à concepção da proposta didáctica e respectivo material desenvolvidos para aplicação em AP.

3.1. Pressupostos

A forma de ensinar ciências na actualidade não pode continuar a passar apenas pela simples transmissão de conhecimentos, alheando-se das exigências da realidade social em que estamos inseridos. Deverá existir um comprometimento estreito entre o conhecimento científico, o conhecimento individual e colectivo e a aquisição de competências provenientes da educação para a cidadania participada, referidos no capítulo II. Só assim se poderá promover uma educação comprometida com os valores da igualdade, da democracia, da justiça social e económica [10], onde os alunos são vistos como agentes sociais e pessoas chave na sociedade [144].

Para Afonso [12], as estratégias que melhor servem metodologias activas são o trabalho de grupo, a resolução de problemas, o *role-play*, o *brainstorm*, os debates, a gestão de conflitos, os estudos de caso, a participação em campanhas e as acções concretas. Cristóvão [145] enfatiza a importância de criar ou revitalizar espaços de comunicação como, por exemplo, o uso de jornais e rádios locais.

Deverão ser priorizados temas de carácter social onde o aluno se pode defrontar com as ligações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente (2.2.2).

O programa EuroLifeNet, baseia-se essencialmente na produção de conhecimento científico a partir da utilização de metodologias assentes na participação activa dos cidadãos. Por isso, logo nos associamos ao CITIDEP na elaboração do Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar* (capítulo 2.6). Este projecto tem como objectivos essenciais a criação de uma dinâmica inovadora no ensino experimental das ciências, o desenvolvimento de competências de cidadania participada através do envolvimento dos jovens na recolha e tratamento de dados ambientais a serem utilizados pelos cientistas, a promoção de parcerias entre instituições de investigação e

escolas e a produção de materiais pedagógicos de apoio para alunos e professores que participam ou poderão vir a participar no mesmo.

O ano lectivo 2006/ 2007 coincidiu com o início da implementação da AP no 12º ano de escolaridade (capítulo2.4.1). Enquanto professores, facilmente tomamos conhecimento das dificuldades que os docentes manifestavam relacionadas com a carência de recursos (bibliográficos, materiais e financeiros), a carência de formação (inicial ou contínua) e a carência de hábitos de implementação de actividades relacionadas com a resolução de problemas ou elaboração de projectos didácticos, factores que promovem insegurança quanto à leccionação de AP e à avaliação das aprendizagens dos alunos. No sentido de colmatar estas inseguranças, definimos como prioritária a elaboração de material didáctico passível de aplicação em disciplinas científicas, em especial em AP, e elaboramos um plano anual de implementação das mesmas.

Pretendemos, envolver os alunos em projectos reais e significativos, delineados pelos próprios de forma democrática e participativa, tendo como fio condutor o Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*, onde serão confrontados com problemas concretos a resolver de forma criativa. Assim, os alunos contribuem para o seu processo de aprendizagem, resolvem problemas, reflectindo sobre os impactos do seu comportamento na sua vida e na do planeta.

3.2. Objectivos

Tendo em conta os pressupostos descritos foram definidos os seguintes objectivos:

- ✓ Contribuir para uma dinâmica inovadora no ensino experimental das ciências a nível do ES, integrando os conceitos de educação, ambiente, cidadania e participação;
- ✓ Elaborar uma proposta e materiais didácticos para utilização em AP, sobre Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica, que sirvam de apoio à implementação do projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*;
- ✓ Testar esses materiais e reformular consoante o feedback dos alunos e dos professores;
- ✓ Construir uma página de internet “Kit EuroLifeNet-Ciência Viva” para apoio ao ensino desta temática (www.ese.ipvc.pt/kecv).

3.3. Metodologia

Este trabalho é parte do projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar* tendo como principal objectivo a construção de material didáctico de apoio ao mesmo.

Nele participaram 19 alunos de uma turma do 12º ano da Escola Secundária de Ponte de Lima, e a respectiva professora de AP, responsável pela implementação do projecto na escola.

A sua execução implicou várias fases descritas seguidamente:

- **1ª Fase:** Apresentação do projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar* e definição do tema e grupo alvo do material didáctico a elaborar.

Ao longo do ano lectivo 2005/ 2006 decorreram diversas reuniões de preparação e encontros de formação entre os membros do projecto para discutir as principais linhas de implementação do mesmo e definir objectivos diferentes para técnicos, professores e cientistas.

Depois de analisados cuidadosamente os programas das disciplinas do ES, foi determinado que o material a elaborar se iria dirigir principalmente à aplicação em AP uma vez que:

- No ano lectivo seguinte seria implementada pela primeira vez no ES, no 12º ano de escolaridade;
- Carência de bibliografia;
- Da literatura sabemos que, em geral, os professores demonstram alguma insegurança no referente à aplicação de metodologias não transmissivas, como a MTP, em especial na avaliação das aprendizagens dos alunos, que nos permite pôr em curso uma metodologia pouco aplicada nas salas de aula das escolas portuguesas [20, 84];
- Acreditamos que a melhor forma de sensibilizar os alunos para o conhecimento em geral e para as problemáticas ambientais, em particular, é utilizar uma metodologia participativa, em que eles próprios sejam responsáveis pelas suas decisões, pela construção do seu caminho de acção e pelo seu conhecimento.

- **2ª Fase:** Elaboração da proposta didáctica e do respectivo material

Após a análise dos objectivos subjacentes à AP e do seu cruzamento com os objectivos do projecto referido anteriormente, foi elaborada uma sugestão de plano anual de actividades e elaborado o respectivo material didáctico.

Começamos por elaborar um guião didáctico que permitisse aos alunos utilizar de forma fácil e célere os aparelhos portáteis medidores de partículas. Com este fim, foi desenvolvido um manual de instruções do AM510 SidePak, que seria preenchido e finalizado pelos próprios alunos, a partir das suas observações e experimentações com o analisador.

Foram ainda criadas actividades sobre Poluição Atmosférica, com destaque para a investigação sobre PM, enquanto poluentes atmosféricos.

- **3ª Fase:** Teste, avaliação e reformulação das actividades

O teste do manual de instruções do AM 510 SidePak decorreu no ano lectivo 2006/ 2007 numa turma do 12º ano da Escola Secundária de Ponte de Lima, na área curricular não disciplinar de AP. A amostra foi constituída por 19 alunos da área de científico -natural com uma média de idades na ordem dos 17 anos, não existindo nenhum aluno com retenções. Os alunos foram divididos em 4 grupos (3 grupos de 5 elementos e 1 grupo com quatro elementos). Cada grupo recebeu da docente um manual pedagógico onde deveriam escrever as respostas a todos os desafios propostos no mesmo, durante os 90 minutos de aula. Na aula seguinte, de forma a obter feedback dos alunos acerca da actividade realizada, a professora expôs, a toda a turma, 4 questões, previamente elaboradas, seguindo-se a análise e discussão das mesmas (ver capítulo 4.3).

As actividades práticas da proposta Que a Poluição não nos caia na cabeça… ou nos entre corpo dentro! foram testadas com alunos que frequentam o 2º ano do Curso de Educação Básica da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (ESE-IPVC). Foi escolhido este público-alvo para o teste tanto pela sua sensibilidade para este tipo de actividade, como por ser interessante para a sua formação, não apenas em termos de conteúdos científicos, mas também em termos metodológicos, enquanto futuros professores. A amostra foi constituída por 57 alunos, de três turmas, inscritos na área disciplinar de Ciências Físico-Naturais II:

- Na turma A, os 19 alunos participantes estavam divididos em 4 grupos (5 grupos de cinco elementos e 1 grupo de quatro);
- Na turma B, os 18 alunos estavam divididos em 3 grupos de seis elementos;

- Na turma C, os 20 alunos encontravam-se divididos em 4 grupos de cinco elementos.

As actividades foram apresentadas, realizadas e discutidas em duas aulas de 150 minutos.

Utilizando o feedback da professora e dos alunos que participaram no teste dos materiais didácticos, foi reformulado o manual de instruções do AM510 SidePak e aferidos alguns pormenores das restantes actividades.

- **4ª Fase:** Construção de uma página da internet

Depois de elaborado e reformulado o material didáctico, foi construída uma página de internet para reunir, organizar e disponibilizar o mesmo que denominamos "Kit EuroLifeNet - Ciência Viva".

IV – PLANO DE ACTIVIDADES E MATERIAL DIDÁCTICO

Neste capítulo é apresentado o plano de actividades a desenvolver nas aulas de uma turma do 12º ano de escolaridade, no tempo lectivo de Área de Projecto, ao longo de um ano lectivo (4.1).

De seguida é apresentado o material didáctico elaborado inicialmente, os objectivos específicos de cada proposta e são dadas sugestões para a sua utilização (4.2).

No capítulo 4.3 apresentam-se os resultados do teste e mostram-se as reformulações efectuadas.

Por fim apresentam-se as razões que levaram à escolha da construção de uma página da Internet para disponibilização do material didáctico elaborado (4.4), a sua estrutura (4.4.1) e os seus conteúdos (4.4.2).

41. Plano de actividades a desenvolver

As propostas de actividades integram-se numa lógica de MTP, onde os alunos serão constantemente desafiados a resolver problemas actuais e verdadeiros (capítulo 2.4.2).

Assim, preparamos uma proposta de implementação das actividades, em AP, ao longo de um ano lectivo (Tabela 4.1).

No início do ano lectivo, é importante que o professor discuta com os seus alunos o que é a Área de Projecto, caracterize a MTP e apresente o *Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar*. Neste projecto, os alunos serão responsáveis pela recolha de dados de exposição directa ao ar interior e exterior dos edifícios em duas campanhas, no início do Outono e na Primavera. O professor pode exibir alguns materiais já construídos e disponíveis na internet sobre o trabalho realizado por alunos de escolas portuguesas no âmbito do referido projecto.

O professor deverá negociar com os alunos a forma de avaliação do trabalho que irão realizar ao longo do ano lectivo, sugerindo a elaboração de um portfólio, realizado com o empenho de toda a turma, onde serão arquivados todos os materiais elaborados. Este portfólio deverá estar guardado num local acessível na sala de aula para ser consultado, a qualquer momento, pelos alunos.

Uma vez conhecido o projecto que servirá de guia ao trabalhos, o professor poderá propor a realização de actividades práticas de motivação ao tema “Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica” como, por exemplo, a Proposta A- Que a Poluição não nos caia na cabeça… ou nos entre corpo dentro!.

Após o enquadramento inicial e estando os alunos motivados para integrar o *Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar*, segue-se a formação dos grupos de trabalho. É grande a discussão sobre as diferentes formas de dividir os alunos em grupos de trabalho (capítulo 2.4.3). Neste trabalho propomos a divisão dos alunos em dois grupos de trabalho distintos.

Na **primeira fase de trabalho** (correspondente ao 1º período), os alunos poderão ser divididos em 4 grupos (I, II, III e IV), consoante os seus interesses presentes e ambições futuras (tabela 4.1).

- Os alunos que pertencerem ao grupo I irão investigar possíveis instituições ou ONG’s de contacto com que poderão colaborar ao longo do ano lectivo – Proposta B - Instituições e ON… o quê?;
- Os alunos do grupo II serão desafiados a investigar os conteúdos associados à saúde humana e equilíbrio dos ecossistemas, relacionados com os efeitos das PM2,5 – Proposta C- Já inalaste PM’s hoje?;
- Os alunos do grupo III são aqueles que, através de resolução de problemas, serão desafiados a compreender as características e funcionamento do analisador portátil de partículas atmosféricas – Proposta D- Bisbilhotices atmosféricas (partes I, II e III);
- Os alunos do grupo IV deverão investigar e compreender a forma como se programa o analisador de partículas AM 510 SidePak a partir de um computador com software específico – Proposta D- Bisbilhotices atmosféricas (partes IV e V).

As propostas de actividades foram criadas para explorar as capacidades dos diferentes alunos, sendo assinaladas com diferentes cores identificativas.

A máquina portátil medidora de PM utilizada no Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar* denomina-se *AM510 SidePak Personal Aerossol Monitor*, que optamos por denominar apenas AM510 SidePak.

Figura 4.1- Analisador *AM510 SidePak Personal Aerossol Monitor* [146].

No material elaborado optamos por denominá-lo como analisador uma vez que, ao mesmo tempo que efectua a recolha de PM, fornece informação sobre a sua concentração: dependendo do filtro seleccionado, estabelece a correspondência entre a massa e o número de partículas contado [147]. O aparelho já está calibrado de forma a estabelecer esta conversão, no entanto, é necessário aferir as medições através do medidor gravimétrico (amostrador fixo). Para o efeito, deverá ser deixado durante algum tempo (fim-de-semana) junto do mesmo.

É um dispositivo portátil, seguro, pequeno (130 mm x 92 mm x 70 mm), leve (pesa cerca de 0.46 Kg, se não estiver a utilizar a bateria ou pilhas AA) [148]. Possui uma peça que o prende ao cinto, relógio interno, um monitor com duas linhas e capacidade para 12 caracteres. A interface é simples, apenas com 4 botões. É de fácil utilização, sendo bastante intuitivo, podendo ser bloqueado para evitar transtornos durante a recolha de dados. O visor pode mostrar dados de concentração de PM no ar atmosférico filtrado em tempo real.

O aparelho utiliza 6 pilhas AA ou baterias recarregáveis Ni-Mh, podendo funcionar ligado à corrente eléctrica, no entanto, enquanto estiver a recolher partículas não carrega a bateria. Para esse efeito o analisador deverá estar desligado. Tem uma função no visor que informa o tempo de bateria existente. Com esta máquina portátil poder-se-á fazer medições da exposição pessoal, sendo o tempo de medição correspondente ao tempo de bateria, ou superior, caso se ligue a uma tomada. Quando se desliga o aparelho, ele cria um documento (*data file*) que fica guardado na memória do sistema podendo, através de download, ficar armazenado no computador.

Pode acontecer que todos os alunos gostem de trabalhar logo de início com os medidores, mas uma vez que deverão apenas existir dois por turma, parece-nos que será excessivo toda a turma realizar as actividades que propomos para os grupos III e IV, no entanto, esta será uma decisão do professor.

Como grupos diferentes têm diferentes ritmos de trabalho, o(s) grupo(s) que terminarem primeiro as suas tarefas, poderão investigar as características, funcionamento e troca de filtros do amostrador fixo (figura 4.2) utilizado para medir a concentração de PM2,5. Um amostrador é um equipamento que recolhe uma amostra, não permitindo a obtenção imediata de resultados.

Figura 4.2- Filtros do amostrador gravimétrico

Trata-se de um amostrador gravimétrico que, ao longo do tempo definido para a recolha de PM, permanecerá num local representativo do ar inalado na escola. As PM recolhidas ficam armazenadas em filtros recolhidos diariamente e guardados em contentores próprios para evitar oscilações de temperatura, humidade ou contaminação. Posteriormente, os filtros serão enviados para pesagem nos laboratórios da Universidade Nova de Lisboa.

Quando todos os grupos terminarem as suas investigações, serão apresentados, a toda a turma, os resultados do trabalho desenvolvido pelos alunos dos grupos III e IV (tabela 4.1) que se traduzem na construção de um manual de instruções do AM510 SidePak. Desta forma, todos os colegas poderão compreender o funcionamento do analisador de partículas estando aptos para efectuar a recolha de dados de concentração de PM. Esta apresentação constitui um momento de avaliação, devendo os alunos exercitar a sua criatividade para motivar os seus colegas. O manual do analisador deverá ser arquivado no portfólio para que todos os alunos o possam utilizar.

Para fazer a recolha de dados ambientais, a turma terá ao seu dispor dois AM510 SidePak que utilizarão ao longo das vinte e quatro horas do dia, juntamente com um dispositivo de Global Positioning System (GPS). O GPS deverá acompanhar sempre o AM510 SidePak para recolher coordenadas geográficas dos locais de obtenção de dados, aumentando a informação recolhida pelos alunos e facilitando a interpretação dos resultados obtidos.

Durante as campanhas dois alunos serão responsáveis pelo transporte do material, fazendo uma boa gestão do fornecimento de energia dos equipamentos, tendo o cuidado de, diariamente, descarregar os dados recolhidos para, no mínimo, um computador na escola. O ideal seria, caso haja possibilidade, guardar os dados em mais do que um computador, sendo que um deles seria apenas utilizado pelo professor. Durante este período, será interessante utilizar o software específico Trakpro™ Data Analysis [149] para tratar estatisticamente os dados recolhidos, elaborar e analisar os gráficos obtidos a partir dos mesmos, assinalando os locais/ situações referentes a picos de concentração, colocando questões que eles próprios deverão responder, sozinhos, ou com a ajuda dos técnicos e cientistas envolvidos no projecto. Este software permite ainda pré-programar a máquina para iniciar e terminar a recolha de dados através do computador.

Os alunos escolhidos para transportar o dispositivo portátil deverão preencher o Diário de Bordo, onde registam de forma célere as horas, locais por onde passaram e situações diversas que tenham ocorrido, aumentando assim a sua responsabilidade e adquirindo competências de organização de tarefas.

No final da campanha, poderá acontecer um novo momento de avaliação, desta vez com a apresentação dos trabalhos realizados pelos alunos dos grupos I e II (Tabela 4.1). Os resultados do seu trabalho deverão ficar arquivados no portfólio de turma.

Neste momento do ano lectivo, todos os alunos possuirão as informações necessárias para desenvolver com sucesso as actividades propostas para o 2.º e 3.ºperíodos.

Na **segunda fase de trabalho**, logo no início do 2º período, os alunos deverão ser reunidos em grupos de trabalho diferentes (W, X, Y e Z) que contenham um elemento de cada um dos grupos anteriores, de forma a criar grupos multidisciplinares, com o contributo de alunos que desempenharam tarefas específicas (tabela 4.1). O professor pode incitar os seus alunos a criar linhas de investigação sobre as PM 2,5, desenvolvendo a criatividade e espírito investigativo, delineando e calendarizando as suas acções futuras de forma a encontrar respostas para as suas questões iniciais, devendo estar alertados para a importância da apresentação do seu trabalho na comunidade. Para isso, deverão libertar-se do espaço da sala de aula, contactar diferentes instituições, ONG's, aprendendo e trabalhando em conjunto (capítulo 2.4.2). Os alunos deverão apresentar o seu projecto de investigação, elucidando o professor sobre o âmbito, questões problema, público-alvo, calendarização e forma de apresentação do mesmo.

É nossa sugestão que pelos menos um dos grupos escolha como grupo-alvo a comunidade escolar, desenvolvendo actividades para sensibilizar os colegas mais novos da escola, os pais e encarregados de educação, professores e funcionários.

Será realizada uma segunda campanha de recolha de dados, na Primavera. Os alunos poderão aproveitar para fazer a comparação dos dados recolhidos nas duas estações do ano.

Na **terceira fase de trabalho**, no 3º Período, os alunos deverão ultimar os seus projectos, preparando a apresentação dos seus resultados e produtos ao público-alvo escolhido (tabela 4.1). Será objectivo que os alunos manifestem um comprometimento com uma acção social responsável, informada, democrática, assente em valores partilhados, como preconizados nos objectivos da EPC (capítulo 2.1).

Na data escolhida, deverá ocorrer a apresentação pública do trabalho da turma.

Damos como sugestão a organização de uma videoconferência entre alunos de diferentes escolas envolvidas no *Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar* para partilhar metodologias de trabalho, experiências, resultados e produtos.

Por último, será concluído o portfólio de turma (tabela 4.1), com um espaço de auto e hetero-reflexão de cada aluno, e com a elaboração de novas questões problema e sugestões de

novas linhas de investigação que poderão ser realizadas por alunos de outras turmas, em anos lectivos seguintes (tabela 4.1).

Se possível todas as actividades realizadas pelos alunos deverão decorrer dentro do horário destinado semanalmente a AP.

Tabela 4.1: Proposta de Actividades para a área curricular não disciplinar de Área de Projecto (12º ano).

<table>
<tr><td rowspan="3">1º
Período</td><td>- Área de Projecto, Trabalho de Projecto e a Metodologia de Trabalho de Projecto
- Apresentação do Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar
- Actividade(s) de motivação e enquadramento do Tema Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica (Proposta A)
- Início da construção do portfólio de turma sobre Poluição Atmosférica e Qualidade do Ar.</td></tr>
<tr><td>- Formação de 4 grupos de trabalho.
- Início do trabalho de grupo, com os alunos divididos nos quatro grupos iniciais (I, II, III e IV)
<table>
<tr><th>GRUPO I</th><th>GRUPO II</th><th>GRUPO III</th><th>GRUPO IV</th></tr>
<tr><td>Identificação de instituições e ONG’s da comunidade e de nível nacional/ internacional
I A
I B
I C
I D
(Proposta B)</td><td>Influência das PM2,5 na saúde humana e nos ecossistemas
II A
II B
II C
II D
(Proposta C)</td><td>Aspectos práticos de funcionamento do analisador de partículas
III A
III B
III C
III D
(Proposta D)</td><td>
Programação informática do analisador de partículas
IV A
IV B
IV C
IV D
(Proposta D)</td></tr>
</table>
- Análise do funcionamento do medidor gravimétrico (fixo): para o(s) grupo(s) que terminarem primeiro o seu trabalho</td></tr>
<tr><td>- Apresentação do trabalho realizado pelos grupos III e IV aos colegas da turma (momento de Avaliação)
- 1ª Campanha de Recolha de Dados
- Apresentação do trabalho realizado pelos grupos I e II aos colegas da turma (momento de Avaliação)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">2º
Período</td><td>- Continuação da construção do portfólio de turma: propostas para diminuir as emissões de PM, análise de locais onde encontraram maior concentração de PM.</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>- Formação de novos grupos de trabalho com um elemento de cada um dos grupos anteriores (grupo multidisciplinar) (W, X, Y e Z)
<table><tr><th>GRUPO W</th><th>GRUPO X</th><th>GRUPO Y</th><th>GRUPO Z</th></tr><tr><td>I W
II W
III W
IV W</td><td>I X
II X
III X
IV X</td><td>I Y
II Y
III Y
IV Y</td><td>I Z
II Z
III Z
IV Z</td></tr></table></td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>- Esboçar linhas de investigação e elaboração de projectos
- 2ª Campanha de Recolha de Dados</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">3º
Período</td><td>- Apresentação do trabalho ao público-alvo</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>- Videoconferência entre alunos de diferentes escolas envolvidas no Projecto EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>- Finalização do Portfólio de Turma
- Auto e Hetero-avaliação
- Apresentação de sugestões de futuras actividades, investigações e de locais de medição.</td></tr>
</table>

4.2. Propostas didácticas iniciais

As propostas didácticas foram pensadas para:

- Desenvolver, nos alunos e professores, competências inerentes à EPC (capítulo 2.1), através da realização de diferentes tipos de TP [150] em grupo, sendo veículo de aprendizagens significativas assentes no debate, discussão e partilha de ideias.

- Identificar possíveis concepções alternativas ainda presentes nos alunos, de forma a promover a sua substituição por concepções mais científicas, e impulsionar a reflexão acerca da mudança das mesmas (capítulo 2.2.1).

- Interligar conteúdos de ciência, tecnologia e ambiente na realidade social que envolve os alunos (capítulo 2.2.2), não desligando a escola e conteúdos escolares do quotidiano. É fundamental que os alunos possam ter um conhecimento mais real do azulejo cultural, religioso, político, económico, tecnológico, social e ambiental do mundo, em ininterrupta mutação.

- Utilizar as TIC (capítulo 2.2.3), nomeadamente na recolha de dados científicos através do conhecimento e compreensão do modo de funcionamento de aparelhos sofisticados de análise de PM's. Os alunos serão convidados a utilizar um software específico de programação e recolha de dados, a localizar coordenadas geográficas com um dispositivo de localização por satélite (capítulo 4.1) e a usar a WWW como plataforma de informação, organização de materiais pedagógicos, armazenamento dos dados recolhidos, questionamento e comunicação com outros intervenientes no projecto seleccionado (capítulo 4.4).

- Ir de encontro aos gostos pessoais dos alunos e ambições futuras, através da aplicação de variadas estratégias de ensino (capítulo 2.4.1).

- Apoiar a implementação de metodologias participativas de trabalho de projecto referentes ao estudo da Poluição Atmosférica e da Qualidade do Ar (capítulo 2.4.2).

- Envolver os alunos em tarefas investigativas e de resolução de problemas reais que surjam ao longo da execução de um projecto, aumentando a sua autonomia e estimulando a sua criatividade, com vista a uma aprendizagem ao longo da vida (capitulo 2.4.3).

Em suma, optamos por elaborar actividades diversificadas que possam constituir desafios intelectuais, processuais e atitudinais para jovens que se encontram a terminar o ES.

Proposta A - Que a Poluição não nos caia na cabeça… ou nos entre corpo dentro!

Objectivos:

- Motivar os alunos para o estudo da poluição atmosférica e qualidade do ar.
- Apresentar sugestões de diferentes tipos de actividades práticas.

Actividade 1: Concept Cartoons

Os *Concept Cartoons* [151] são actividades motivadoras que permitem ao professor e aos alunos tomar conhecimento das ideias prévias que têm sobre determinado assunto. A partir das questões prévias identificadas, poder-se-á gerar uma discussão entre diferentes pontos de vista. Esta actividade está de acordo com o Ensino por Mudança Conceptual, onde os alunos deverão adquirir conhecimento científico a partir de desafios intelectuais que lhe são apresentados [29]. Ao mesmo tempo baseia-se em premissas controversas mostrando diferentes pontos de vista com os quais os alunos se poderão, ou não, identificar de acordo com o postulado pelo movimento CTSA (capítulo 2.2.2)

Foram elaborados 4 exemplos de *Concept Cartoons* que podem ser utilizados por toda a turma, com discussão em grande ou pequenos grupos. Neste último caso, cada grupo tem a possibilidade de discutir um cartoon diferente. A ordem pela qual surgem não é fixa, dependendo da planificação do professor, podendo este escolher discutir todos com os seus alunos, ou apenas algum(ns).

Estas actividades foram elaboradas de forma colorida para serem projectadas a partir do computador, tornando-se mais atractivas e interessantes para os alunos permitindo a livre troca de ideias. No entanto, o professor poderá optar por os fornecer aos alunos em formato papel, neste caso, poderá sempre imprimir em escala “preto e branco” para gerir da melhor forma os recursos.

Na actividade Os Poluentes atmosféricos (figura 4.3) os alunos são desafiados a expressar as suas ideias prévias acerca dos poluentes atmosféricos, a partir da questão realizada pela aluna C. É objectivo do professor detectar as ideias prévias sobre o estado físico e as dimensões dos poluentes atmosféricos. No final desta actividade, os alunos deverão ter a noção que existem diversas substâncias em concentração excessiva na atmosfera que divergem quanto à sua forma, dimensão e estado físico.

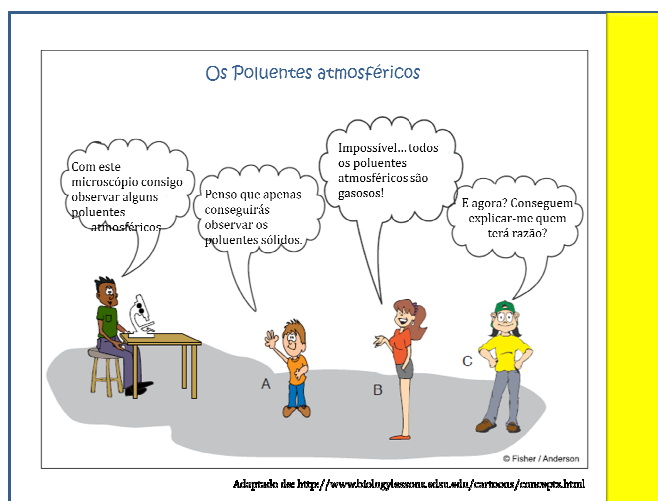
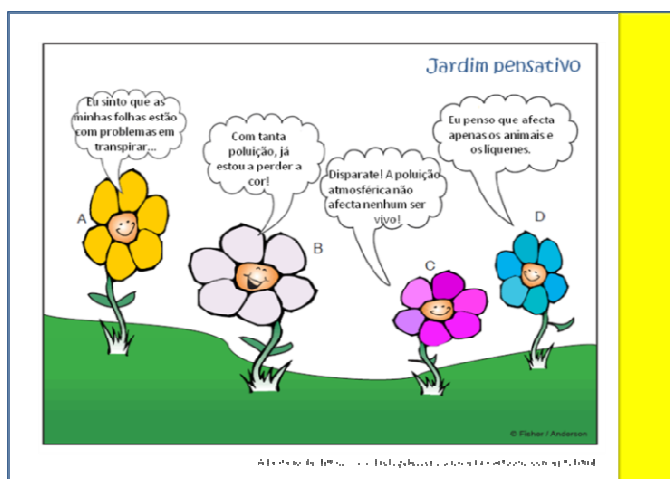



Figura 4.3 – *Concept Cartoon* “Poluentes Atmosféricos”

Na actividade Mudam-se os tempos, (figura 4.4) os alunos deverão dar resposta à angústia manifestada pelo roedor (D). Para isso, deverão analisar o diálogo realizado entre os humanos (A, B e C) e indicar com qual dos dois indivíduos (B ou C) se identificam. A partir desta escolha, deverá gerar-se um debate entre alunos com diferentes pontos de vista sobre os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana, ao longo dos últimos anos. É importante que os alunos reflictam até que ponto a existência de variadas doenças do foro respiratório são causadas e/ ou amplificadas pelo aumento de concentração de poluentes atmosféricos, discutindo acerca da forma como estes afectam a qualidade de vida e a mortalidade do ser humano.

Figura 4.4 – *Concept Cartoon* “Mudam-se os tempos…”

Este cartoon pode ser apresentado pelo professor ou pelos alunos do grupo II aquando da sua apresentação, para detectarem as concepções dos colegas, a partir das quais direccionarão a sua exposição oral.

Figura 4.5 – *Concept Cartoon* “Jardim pensativo”

A actividade Jardim pensativo (figura 4.5) refere-se aos efeitos negativos da poluição atmosférica nos ecossistemas. Nela, quatro seres fotossintéticos discutem, sem chegar a entendimento. É missão dos alunos

analisar as sentenças das 4 plantas, verbalizando sobre a correcção ou incorrecção das mesmas. O objectivo é que os alunos se apercebam que a poluição atmosférica não afecta apenas os seres humanos, mas também todos os outros seres vivos, uma vez que a Biosfera actua como um sistema único. Ao mesmo tempo podem identificar-se as ideias sobre as funções das folhas (transpiração, fotossíntese e respiração) e sobre relações interespecíficas simbióticas, traduzida neste cartoon pelos líquenes, tratando-se de indicadores da qualidade do ar.

O professor pode, ainda, desafiar os alunos a investigar sobre:

- Influência negativa da poluição nas plantas, animais ou outros seres vivos;
- Relação entre a presença de líquenes e a prevalência de determinados poluentes atmosféricos.

A actividade O que podemos fazer para melhorar a qualidade do ar? (figura 4.6) tem início com uma questão aberta à qual se espera que os alunos possam dar variadas e criativas respostas. Esta actividade poderá realizar-se no início do ano lectivo com o intuito de discutir as ideias prévias dos alunos, ou então poderá ser apresentada mais tarde, depois da campanha de recolha de partículas. O professor pode optar ainda por entregar este cartoon aos alunos no início do trabalho de projecto e no final do mesmo, dando um espaço aos alunos para repensarem e consolidarem as suas ideias - Metacognição.

Figura 4.6 – *Concept Cartoon* "O que podemos fazer para melhorar a qualidade do ar"

Actividade 2: Actividade prática Enti(Ci)dades

Trata-se de uma actividade que permite a realização de trabalho experimental, uma vez que os alunos deverão ser capazes de fixar e estudar a influência de variáveis (dependentes e independentes) [152], como por exemplo, local onde se colocam os materiais a observar (interior e exterior), ou os materiais adesivos utilizados.

O desafio surge na forma de um Protocolo Experimental com o título na forma de uma Questão – Problema: O que "voa" por aí? a partir da qual os alunos deverão desenvolver a sua experimentação e encontrar uma resposta. Para conhecer as concepções dos alunos, surgem duas **Questões orientadoras:**

I. Quais são os principais constituintes do ar? (indica as percentagens relativas).
II. Além dos constituintes gasosos, o ar conterá outras entidades? Quais?

Estas questões foram escolhidas uma vez que correspondem a concepções prévias bastante partilhadas. Com a questão 1 esperamos detectar a presença/ ausência da concepção "o oxigénio é o principal constituinte da atmosfera terrestre" e identificar se os alunos reconhecem outras entidades na atmosfera que não sejam gases. No caso da questão 2, é objectivo saber se os alunos reconhecem as partículas sólidas ou líquidas como constituintes atmosféricos.

De seguida, apresentamos três sugestões de desafio, com diferentes graus de abertura:

Sugestão nº 1: Trata-se de um desafio pouco dirigido, onde os alunos são desafiados a criar um procedimento científico para demonstrar a existência de entidades no ar e a identificar os materiais necessários para responder à questão inicial.

DESAFIO 1:

Discute com teus colegas de grupo uma forma possível de detectar a existência de entidades presentes no ar.

a) Elabora uma lista com o material* necessário para a actividade que o grupo propõe.

b) Constrói o esboço do procedimento da actividade a implementar.

c) Explicita claramente quais as variáveis em estudo e as estratégias para o controlo das mesmas.

d) Mostra o guião ao teu professor na aula anterior à realização da actividade.

*não te esqueças de ter em atenção o material que escolhes, de forma a reduzir e/ou reutilizar recursos.

Os alunos têm liberdade para desenhar o procedimento que pensam ser o mais correcto para cumprir o desafio, utilizando a sua criatividade e colaborando em grupo, resolvendo

problemas, para obterem os seus resultados. Este desafio é bastante aberto e exigente, devendo o professor estar atento ao desenrolar do trabalho dos alunos.

Sugestão nº 2:O professor pode optar por um desafio um pouco mais dirigido.

DESAFIO 2:

Podemos usar uma tira de papel, material adesivo e tampas de garrafa para verificar a existência de entidades no ar? De que forma?

Os alunos já têm indicação do material que poderão utilizar, no entanto, o procedimento a seguir depende das decisões do grupo.

Neste caso, é importante o professor ter em atenção:

- A adequação do procedimento em relação à obtenção de resultados.
- O tipo de material adesivo escolhido pelos alunos. Alguns alunos podem optar por espalhar cola na folha de papel e deixar o mesmo ao ar. Neste caso, a cola seca e não cumpre a missão de fixar entidades atmosféricas. A fita de dupla face mostrou ser um material que mantém por um tempo superior as suas propriedades adesivas, caso os alunos adoptem este procedimento.
- Se os alunos utilizam as tampas de garrafa na execução da tarefa.
- Averiguar se no seu procedimento há espaço para realizarem várias repetições do ensaio.
- A escolha de locais para investigar a presença de PM, devendo seleccionar-se espaços interiores e exteriores.
- A previsão de tempo para efectuar as observações esperadas. Pode acontecer que os alunos realizem a actividade, não numa perspectiva de continuidade, mas de recolha e análise imediata de PM.
- A forma como os alunos esperam obter resultados. Por vezes os alunos definem como resultado a observação microscópica de poeiras na cola que colocam numa tira de papel. Este procedimento poderá, sem protecção, danificar as lentes objectivas.

No caso de os resultados não serem os esperados, ou de não observarem alteração no material, o professor deverá discutir com os alunos os resultados obtidos, podendo tratar-se de um procedimento pouco adequado (cuidado para não desmotivar os alunos) ou pode dever-se à escolha de locais com baixas concentrações de PM's.

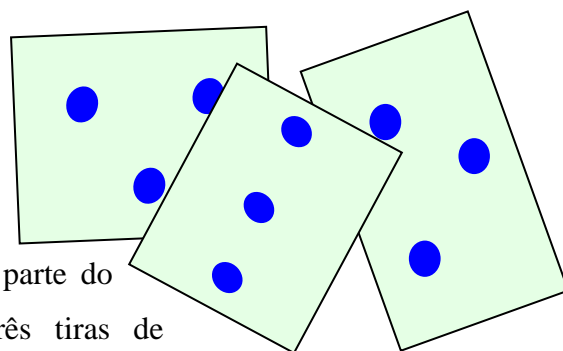
Sugestão nº 3: O professor pode optar por um desafio mais fechado, onde os alunos têm, logo à partida, uma lista de material a utilizar e de passos a seguir. Existe ainda uma coluna “Observações” com indicações para reduzir o número de recursos utilizados ou com sugestões práticas.

DESAFIO 3:

Material	Observações
3 tiras de cartolina branca	(o ideal será discutir qual o tamanho que deverão ter as tiras de forma a obter resultados sem utilizar material em excesso)
9 tampas de plástico	(no final não te esqueças de as colocar no embalão)
Material adesivo	(o ideal é ser um tubo de cola resinosa ou fita adesiva de dupla face que fixe as tampas ao papel)

Procedimento:

1. Em cada folha de cartolina fixa três tampas de plástico e assinala-as com **A**, **B** e **C**.
2. Pega no frasco de cola e espalha parte do seu conteúdo em diferentes áreas de três tiras de cartolina. (no caso de utilizarem fita dupla face, podem cortar pequenas tiras e colar na cartolina).
3. Escolhe três locais diferentes para colocares as cartolinas e deixa-as expostas ao ar. (**Nota**: não te esqueças de escolher locais que, à partida, estejam sujeitos a diferentes níveis de poluição).
4. Em cada três dias, levanta uma das tampas de plástico de cada cartolina.
5. Regista o que observaste em cada uma das _auréolas_ que se formaram nas cartolinas. (**Sugestão:** constrói uma tabela onde possas resumir os resultados obtidos).

Nota: se as folhas de cartolina forem colocadas na vertical, os alunos devem certificar-se que as tampas estão bem coladas, para evitar que se inviabilizem os resultados.

A segunda parte do protocolo experimental é comum aos três desafios. Existe um espaço para os alunos registarem os seus resultados. Os alunos deverão observar o escurecimento da folha de cartolina, devido à presença de partículas atmosféricas que ficarão depositadas no mesmo. Pode acontecer que a tonalidade da cartolina não se encontre muito alterada, o que, em si, constitui um resultado muito válido.

Seguidamente existe um espaço para interpretação dos resultados obtidos, não devendo os alunos esquecer-se de explicar de que forma é que o local onde foram colocadas as cartolinas influencia os resultados finais.

De seguida, os alunos deverão escrever a resposta à Questão-Problema, reler as suas respostas às questões orientadoras e reflectir sobre a evolução no seu conhecimento.

Para finalizar é apresentada uma Questão de Discussão que permite aos alunos desenvolver a sua criatividade, aplicando os novos conhecimentos a situações diversas, neste caso, a utilização de um aparelho de uso doméstico. A resposta final deverá ser elaborada com o contributo de todos os elementos do grupo.

Questão de discussão: Será possível determinar a existência de micro partículas no ar através da utilização de um aspirador? Explica como pode ser feito.

Sugestões de Implementação:

Esta é uma actividade que poderá ser realizada com toda a turma, logo no início do ano lectivo, que permite motivar os alunos para o estudo da Qualidade do Ar, em especial a consciencialização da presença de partículas inaláveis no ar atmosférico.

Foram criadas 3 propostas de desenvolvimento do desafio. O professor pode optar pelo desafio que achar mais adequado aos seus alunos. No caso de algum dos grupos não conseguir construir um procedimento válido (sugestões n.os 1 e 2), o professor pode entregar-lhe o protocolo experimental referente à sugestão nº 3.

Deverão ter cuidados especiais com os locais escolhidos para colocar as folhas de cartolina, abrigando-as da chuva e evitando locais onde possam ser vandalizadas ou retiradas.

Proposta B- Instituições e ON… o quê?

Objectivos:

- Identificar as instituições e ONG’s da comunidade ou de nível nacional e internacional com as quais poderão colaborar neste projecto;

- Conhecer o trabalho desenvolvido pelas instituições e ONG's seleccionadas, percebendo em que medida podem colaborar com os alunos no seu projecto;
- Elaborar um dossiê com informações sobre as instituições e ONG's de contacto.

A actividade:

Esta actividade foi pensada para alunos mais interessados em temas relacionados com Educação para a Cidadania e Serviço Social.

A actividade tem início com um título diferente e apelativo "Instituições e ON... o quê?" que foi concebido para os alunos identificarem não apenas instituições governamentais, mas também as ONG's, compreendendo o seu importante papel na participação social. Através desta pesquisa, os alunos poderão descobrir e dar a conhecer entidades meritórias anteriormente desconhecidas.

O objectivo da actividade não se encontra escrito nas fichas de apoio ao trabalho que serão entregues aos alunos do grupo I.

Os alunos deverão identificar as instituições/ONG's existentes com potencial interesse e registar os dados para futuros contactos.

Instituição/ ONG: ____

Em algumas, poderão ter conhecimento de alguma pessoa de referência para agilizar a comunicação. Neste caso, poderão preencher o espaço correspondente a esta informação.

Actualmente, é muito importante registar, não apenas a morada e o número de telefone, mas o lugar da internet. Este possibilita um contacto mais rápido e económico e igualmente formal.

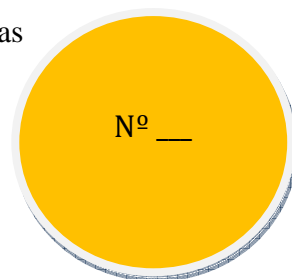
Contactos:	Telefone: ____________________ Fax: ________________________ Morada: ______________________________________ Código postal: _________________________________ Lugar da internet: _______________________________ Pessoa de contacto: _____________________________

É importante ainda conhecer o âmbito de actuação da instituição/ ONG de forma a compreender em que medida é que a entidade pode cooperar com o projecto dos alunos. Poderão anotar esta informação no campo:

Âmbito de actuação	

Por fim, os alunos podem fazer várias anotações, como por exemplo, pensar em formas futuras de colaboração, registar pormenores que sejam do seu conhecimento que facilitem ou dificultem o contacto/ trabalho com a instituição, no espaço "observações".

Observações	

No final do trabalho de pesquisa, serão reunidas as fichas correspondentes a diferentes instituições, podendo ser organizadas por ordem alfabética, numeradas no canto inferior direito da folha e arquivadas em local próprio no Portfólio de Turma, ficando disponíveis para futuras consultas.

Sugestões para o professor:

Esta actividade será o desafio lançado ao Grupo I. O professor deverá dar espaço para pesquisa autónoma dos alunos. Estes deverão ser responsáveis pela identificação, selecção, assim como da transmissão dos resultados da sua pesquisa aos colegas.

No material elaborado para os professores, encontram-se alguns exemplos de instituições e ONG's que poderão indicar aos alunos, caso estes não as tenham seleccionado.

Proposta C- Já inalaste PM's hoje?

Objectivos:

- Reconhecer as partículas inaláveis como um dos poluentes do ar;
- Conhecer a origem e natureza das PM2,5;
- Compreender em que medida as PM2,5 podem afectar a saúde humana e o equilíbrio dos ecossistemas;
- Investigar sobre a existência de legislação europeia para as PM2,5;
- Prever, na sua comunidade, os locais onde poderão existir níveis superiores de PM2,5;
- Pensar em soluções para diminuir a poluição atmosférica por PM's;
- Realizar pesquisa bibliográfica de forma autónoma.

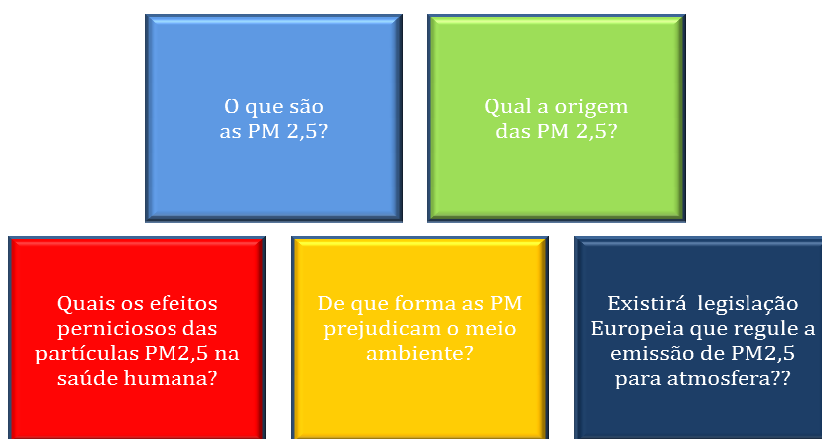
A actividade:

Esta actividade foi pensada para ser realizada por um grupo de alunos que se interessam por temas ligados à área da saúde e/ou ambiente.

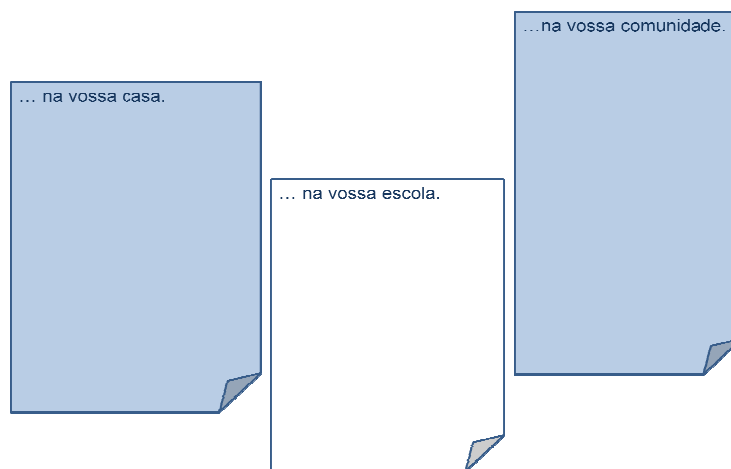
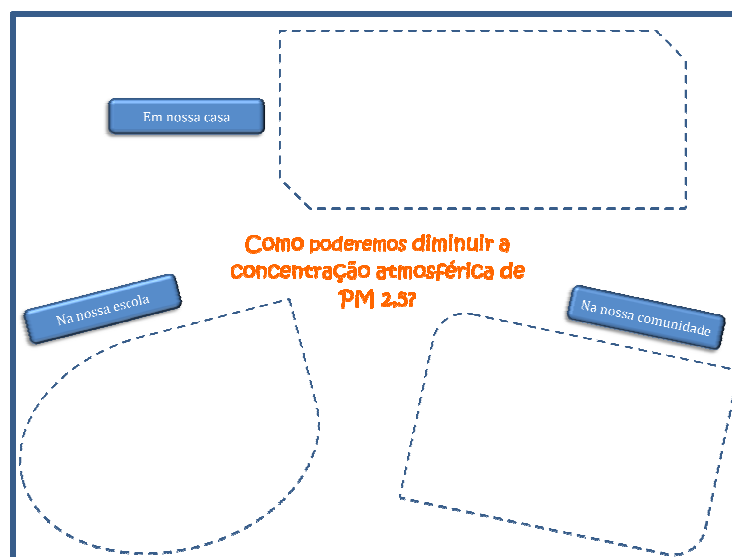
Tem início com um título motivador apresentado em forma de questão que orientará todo o trabalho realizado pelos alunos, sem dar qualquer pista sobre os resultados das investigações futuras.

Segue-se o objectivo geral para os alunos compreenderam o que se pretende com a realização da actividade.

Objectivo: Conhecer as PM2,5, sua origem e repercussões no ambiente e na saúde humana.

Esta proposta encontra-se dividida em 4 desafios para os alunos.

Os alunos deverão dar resposta a 5 questões de investigação/ discussão. A cada uma corresponde uma cor presente na respectiva folha de registos.

Após a conclusão da investigação, surgem os desafios nº 2 e nº3 que consistem no registo das ideias prévias dos alunos do grupo, após a recolha de informações sobre as PM.

No desafio nº 2, os alunos deverão listar os locais da escola, de sua casa e da comunidade onde pensam existir maior concentração de PM2,5.

Após assinalarem os locais que, à partida, se encontram mais contaminados com PM2,5, os alunos deverão reflectir de forma criativa sobre formas de diminuir a sua concentração (desafio nº3). Esta actividade surge na forma de um *brainstorm*.

Por último, o desafio nº 4 encaminha os elementos do grupo para a preparação da apresentação dos seus resultados.

Desafio nº 4: Apresenta aos teus colegas o resultado da tua pesquisa.

Sugestões para o professor:

O principal objectivo desta actividade prática é permitir que os alunos, de forma mais ou menos autónoma, pesquisem as respostas não apenas às questões sugeridas pelo professor, mas também a outras questões que surgirão aquando da investigação que se propuseram realizar.

Desta forma, possibilitamos que o aluno, ao tomar conhecimento da existência destes poluentes, e conhecendo as suas repercussões negativas a nível ambiental e de saúde pública, adquira a motivação necessária, não apenas para continuar esta investigação, mas também para pensar em soluções para a diminuição da emissão e concentração de PM2,5 na atmosfera.

A actividade poderá ser realizada no início do ano lectivo sendo atribuído ao grupo de trabalho II o desafio de investigar o que são as PM que irão ser medidas e de, consequentemente, apresentar o resultado da sua pesquisa aos restantes colegas da turma, como forma de avaliação do trabalho efectuado, no final do 1º período (capítulo 4.1).

O professor poderá indicar aos alunos fontes bibliográficas fidedignas em língua portuguesa ou estrangeira, dando-lhes autonomia para encontrar outras fontes de informação. A maior parte da informação existente sobre as PM e sua interacção com a saúde e meio ambiente encontram-se em Inglês. No material elaborado para os professores, encontram-se alguns tópicos de resposta aos desafios dos alunos e algumas sugestões bibliográficas.

É importante não esquecer de verificar as previsões dos alunos, após o final da primeira campanha de recolha de PM2,5, devendo ficar registado no portfólio de turma os locais onde, na realidade, se verificaram níveis superiores de PM2,5.

Proposta D- Bisbilhotices Atmosféricas

Objectivos:

- Investigar e conhecer as características e o modo de funcionamento do AM510 SidePak;
- Elaborar um manual de instruções do AM510 SidePak;
- Aplicar os novos conhecimentos durante a utilização do analisador na recolha de dados de concentração de PM.

A actividade:

Esta proposta de actividade é especialmente direccionada para alunos que preferem as áreas de engenharia.

O manual de instruções para utilização do AM510 SidePak, foi elaborado a partir do conhecimento empírico advindo do manuseamento do analisador e tendo por base o guião de instruções [153], construindo-se, a partir deste, um guião pedagógico com sugestões/ desafios pensados para alunos que se encontram a finalizar o ES. Assim, os alunos serão desafiados a compreender as suas características e modo de funcionamento.

Inicia-se com uma introdução onde os alunos podem ler o objectivo geral da actividade.

Vamos conhecer o Medidor AM 510 SidePak

Já sabes como funciona o medidor AM 510?

O que te propomos fazer é uma descoberta guiada sobre o modo de funcionamento do medidor AM 510 SidePak. Para isso prepara o material necessário e segue as actividades propostas.

É objectivo que anotes as tuas descobertas com a ajuda dos teus colegas de forma a que esta ficha de trabalho possa ser utilizada como um guião de referência rápida sobre o funcionamento do medidor.

Objectivo: Investigar e conhecer as regras de funcionamento correcto do medidor portátil AM 510 SidePak para que estes conhecimentos possam ser utilizados durante a recolha de dados sobre concentração de PM atmosféricas.

De seguida, os alunos deverão listar os materiais que constituem o Kit TSI.

1. **Lista de material**: Completa, no quadro I, o nome dos diferentes materiais que constituem o Kit TSI.

Depois de conhecerem os materiais que constituem o Kit TSI, é importante que os alunos possam conhecer as características externas do AM510 SidePak, em especial a localização e a função dos diversos locais de comunicação com o exterior.

2. O medidor de partículas: Observa o medidor AM 510 SidePak e identifica os seus constituintes completando o quadro II.

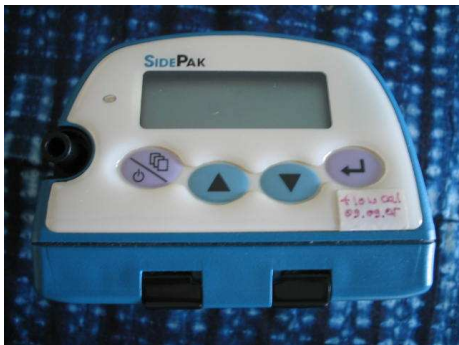
Frente | Trás

Lado Esquerdo | Lado Direito

Vista de Cima | Vista de Baixo

Quadro II

De seguida, importa conhecer a função das teclas que constituem o painel frontal que serão fundamentais para o manuseamento do equipamento.

3. Função das teclas: Indica qual a função das teclas , ▲▼ e ↵, preenchendo os espaços indicados no quadro III

Painel frontal do AM510 SidePak

Quadro III

▲ ▼

↵

A má utilização da bateria pode comprometer a recolha de dados. Para evitar problemas é fundamental que os alunos saibam exactamente qual o seu tempo de carregamento e duração, de forma a fazer uma gestão mais correcta.

Encontram-se duas questões para que os alunos possam discutir de forma autónoma e criar respostas criativas sobre a(s) forma(s) correcta(s) de utilização da bateria, reflectindo sobre a possibilidade de carregar a mesma durante o período de recolha de dados.

4. **Carregamento da bateria:** Preenche o quadro IV

Quadro IV

Tempo de carregamento da bateria: ______

Autonomia da bateria, com o medidor a colher dados: __________

Questões de discussão:

Quando se liga o medidor AM 510 SidePak à energia eléctrica, a bateria estará a ser carregada? Indica uma forma de o demonstrares.

Como utilizar correctamente a bateria?

Depois do estudo do kit TSI e do AM510 SidePak, os desafios prendem-se com a forma de funcionamento do analisador, começando pela sua ligação.

5. Ligar/ desligar: Preenche o quadro V

Quadro V

Ligar:

Desligar:

Pouco tempo depois do início do funcionamento, o monitor indica *Survey Mode* que a equipa de técnicos do projecto traduziu para "Modo de Vigilância".

6. Modo de vigilância: Indica qual a função do modo de vigilância (*survey mode*) preenchendo o quadro VI

Quadro VI

Para que não ocorram problemas como a paragem de funcionamento ou a modificação das definições no equipamento, é importante que os alunos o bloqueiem sempre que estiverem a recolher dados. A actividade inicia-se com um espaço em branco que os alunos deverão preencher após a descoberta da função referente.

7. ___________________________**:** executa as indicações descritas no quadro VII

Quadro VII

Pressiona durante 2 segundos as teclas ▲ e ↵ até aparecer no visor "KEYPAD LOCK".

Se voltares a executar a mesma função, aparecerá no visor "SURVEY MODE".

Que função utilizaste com as indicações do quadro VII? Completa o título da actividade.

Qual a importância de utilizar esta função?

Para finalizar, foram concebidas algumas sentenças para reflexão relacionadas com o transporte e utilização do material de recolha.

8. Para discutir:

1. Forma confortável de transporte do material no dia-a-dia
2. Como/quando será o melhor período para fazer troca de medidor
3. Forma de maximizar a utilização da bateria
4. Como/quando descarregar dados do medidor para o computador

Sugestões para os professores:

Trata-se de um manual de instruções concebido para ser intuitivo, com actividades desafiantes e motivadoras onde os alunos, através de trabalho cooperativo, deverão encontrar as respostas para trabalhar com um aparelho desconhecido até então. Acreditamos que potencia a responsabilidade dos alunos na aquisição do seu próprio conhecimento, de forma autónoma, enquanto tentam encontrar soluções para todos os problemas que irão ocorrer nesta actividade e, mais tarde, durante as campanhas de recolha de PM 2,5, como valorizado no capítulo II.

Os alunos não necessitarão mais do que dois blocos de 90 minutos para desenvolver as actividades e reunir todas as descobertas no manual de Instruções.

Foi elaborado um manual de instruções para os alunos e outro para os professores, onde se encontram as respostas às questões e desafios propostos aos alunos.

Diário de Bordo:

Objectivos:

- Registar a data, horas e locais por onde o aluno passa quando se encontra a recolher dados de exposição pessoal com o analisador AM510 SidePak;
- Agregar informações/ observações pertinentes sobre o percurso efectuado pelos alunos.

Estrutura:

O Diário de bordo é muito simples, de preenchimento célere.

O cabeçalho apresenta a designação de Diário de Bordo escrita com um tamanho de letra superior e com diferente cor para que os alunos possam facilmente identificar a folha de registo do diário de bordo. Os alunos deverão escrever a data da recolha, o seu número e identificar a zona onde irá decorrer a recolha de PM 2,5.

Diário de Bordo

Data: ___________ Aluno nº: ______ Zona: Rural € Urbana € Suburbana €

A tabela de registos encontra-se organizada em horas (horizontal) e locais (vertical). O intervalo de tempo e os locais seleccionados foram alvo de discussão em reuniões com técnicos, cientistas e professores envolvidos no projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*.

Apesar do intervalo de tempo escolhido ser de 30 minutos, os alunos deverão assinalar o tempo concreto em que saem de casa, em que permanecem num espaço público interno ou em que utilizam um meio de transporte.

Os locais seleccionados são os mais representativos para o estudo das concentrações de PM2,5 e encontram-se divididos em 5 grupos: Escola, Casa, Espaços interiores, Espaços exteriores e Transportes. Os alunos apenas terão de colocar uma ☒ no local onde se encontram a uma determinada hora, ou assinalar a hora exacta de uma determinada situação. Encontra-se sempre um espaço "outros" para os alunos poderem registar outros locais (espaços internos, externos e transportes) por onde passam no seu dia de recolha, no caso de não estarem já escritos na tabela. Neste caso, o aluno pode escrever no espaço _______________ ou na célula da tabela correspondente.

Do lado direito da folha surge um espaço "Observações" onde os alunos poderão adicionar informações que acharem pertinentes.

Sugestões para o professor:

Antes de iniciar a campanha de medição de PM 2,5, o professor deverá:

- Seleccionar os alunos que irão proceder à recolha de dados com o analisador, no caso do número de alunos ser muito elevado;
- Atribuir um número a cada aluno que irá utilizar o analisador para facilitar e agilizar o tratamento dos dados pelos técnicos e cientistas do projecto;
- Elaborar um mapa de utilização do analisador, para que os alunos saibam em que dia(s) serão responsáveis pela recolha de dados sobre as PM 2,5.

O professor, logo no início do ano lectivo, deverá modificar o diário de bordo de acordo com a realidade diária dos seus alunos, alterando os locais escritos na tabela, se tal for necessário. Após a entrega do diário de bordo, deverá ser analisado, em grande grupo, para que todos os alunos possam esclarecer as suas dúvidas e uniformizar os registos.

No dia marcado, os alunos deverão transportar consigo o analisador, o GPS e o diário de bordo. Foi acordado pelos membros do projecto que a recolha de dados se inicie à hora do almoço, uma vez que se verificou que seria a hora mais provável a que os professores e alunos envolvidos no projecto estejam na escola para reunir, transferir os dados do dia anterior e preparar todo o equipamento para mais um dia de recolha. Assim sendo, a hora inicial do diário de bordo foi marcada para as 13 horas (o professor pode alterar). A medição de PM 2,5 será realizada ao longo da tarde e de noite, devendo o aluno seleccionado transportar sempre consigo o equipamento, exceptuando se for a uma piscina, uma vez que se trata de um ambiente com grande humidade que o poderá danificar. Quando o aluno chegar a casa, deverá ter o cuidado de deixar o analisador, pelo menos uma hora, na cozinha (enquanto se efectua o jantar), na sala e no quarto. Caso volte a sair de casa, poderá levar o analisador, desde que fique garantido o tempo de 60 minutos nos referidos compartimentos. Durante o sono, o analisador não deverá estar no quarto, devido ao ruído normal do seu funcionamento. No diário de bordo existe uma quebra entre as 00:30 e as 07:00 que corresponde ao período de repouso, continuando o analisador a colher dados.

Sempre que o aluno esteja num compartimento interno, deverá ligar o analisador à corrente eléctrica para não gastar a bateria.

No dia seguinte, o analisador continuará a acompanhar o aluno nas suas actividades diárias, até que, ao chegar à escola, deverá parar a recolha para que o aparelho seja desligado e as baterias possam ser carregadas. No diário de bordo, a hora de paragem do analisador está marcada para as 09:30.

A passagem do analisador entre alunos será realizada, novamente, à hora de almoço devendo o novo aluno preencher um novo diário de bordo.

Lista de verificação

Preparou-se uma lista de verificação que fará parte do Kit EuroLifeNet-Ciência Viva para que os alunos e professores possam conferir o material a organizar no Portefólio Final de Turma.

Verifica se completaram o Portfólio Final de Turma:

Deverão colocar:

- ☐ Capa com título, data, intervenientes
- ☐ Introdução com os objectivos do Projecto a desenvolver/ desenvolvido

☐ Cronograma de actividades

☐ *Concept Cartoons*

☐ Protocolos experimentais "Enti(ci)dades"

☐ Dossiê de Instituições

☐ Dossiê PM 2,5

☐ Manual de Instruções do AM 510 SidePak

☐ Dados da recolha de PM 2,5

☐ Material elaborado pelos alunos para a apresentação do seu trabalho (entrevistas, cartas, e-mails, fotografias, vídeos, panfletos, cartazes, jogos ….)

☐ Fichas de reflexão sobre as actividades realizadas

☐ Fichas de auto e hetero-avaliação

☐ Sugestões de futuras investigações

☐ Conclusão do Projecto

☐ Bibliografia utilizada

4.3. Teste e reformulação

No início do ano lectivo, os alunos apresentaram grande resistência a realizar um projecto sobre o tema "Qualidade do Ar e Poluição Atmosférica", uma vez que não participaram na escolha do mesmo, tendo sido anteriormente seleccionado pela professora. Referiram que já tinham muitos conhecimentos tratando-se de um tema leccionado em todos os ciclos de ensino.

O descontentamento geral continuou até à aula em que começaram a manusear os aparelhos analisadores de partículas e a realizar actividades concretas começando a mostrar-se muito motivados para participar activamente neste projecto.

Para iniciar a aula, a docente apresentou aos seus 19 alunos o AM510 SidePak, questionando-os sobre a sua função e importância de utilização no projecto a desenvolver pelos mesmos. Esta introdução teve por objectivo motivar os alunos para a manipulação do equipamento e para a importância de conhecer bem as suas funcionalidades e normas de funcionamento, podendo o desconhecimento ou desleixo comprometer todo o futuro trabalho de recolha de dados.

A professora da turma utilizou a versão inicial do manual de funcionamento do analisador portátil desenvolvido pela investigadora entregando-o aos alunos como uma ficha de trabalho. Este foi preenchido e discutido, por todos os alunos, ao longo de uma aula de 90 + 90 minutos.

Na aula seguinte, a professora entregou, a cada um dos 4 grupos de trabalho, as questões previamente elaboradas:

1- Qual(ais) os desafios em que surgiram mais dúvidas de preenchimento?

2- Na vossa opinião, o manual do AM510 SidePak está completo, ou pensam que poderia abranger um maior número de desafios?

3- Será que os diferentes desafios deveriam surgir em fichas de trabalho individuais, ou devem estar agrupados num manual único?

4- Na vossa opinião, deveríamos fazer mais actividades deste tipo?

Os alunos reuniram-se em 4 grupos (ver capítulo 3.3) e, no tempo definido (30 minutos), analisaram as questões, argumentaram e chegaram a consenso. Seguiu-se uma discussão em grande grupo, moderada pela professora.

Os alunos referiram que não mostraram qualquer dificuldade em preencher o manual de instruções do AM510 SidePak, referindo que é acessível guiando-os indutivamente na exploração bem sucedida do analisador, sempre de forma motivadora. Indicaram que a ficha deveria estar mais completa, ter mais informação acerca de todas as funcionalidades do AM510 SidePak para que se pudessem dedicar mais ao aparelho e experimentar as suas várias possibilidades e potencialidades.

Quando questionados acerca de dividir os desafios em diferentes fichas de trabalho, foram unânimes em concordar que todos deverão estar reunidos num único manual. Um dos alunos referiu que *várias fichas é muito chato*.

Todos os alunos referiram que esta actividade foi muito interessante.

Sugeriram ainda que o manual do aparelho poderia ficar disponível num local a combinar (neste caso, ao lado do computador).

Em discurso oral, a professora referiu que faltou, nessa mesma aula, dar continuidade à exploração do analisador, aprendendo a fazer a sua ligação ao computador e explorar as possibilidades de utilização do software *Trakpro™ Data Analysis* nomeadamente na recepção de dados recolhidos pelo analisador e sua conversão em gráficos, que poderiam ter analisado, ainda antes da campanha de recolha de PM2,5. Os alunos só tiveram oportunidade de efectuar a ligação do AM510 SidePak ao computador aquando do início da 1ª campanha. No desenrolar da mesma fizeram a recolha de dados sobre concentração de PM2,5, copiaram os

dados para o computador e utilizaram o Trakpro™ Data Analysis Software para elaborar gráficos com os resultados obtidos, como por exemplo o da figura 4.7. Foram unânimes em considerar que este software é muito simples, prático e eficiente na construção de gráficos.

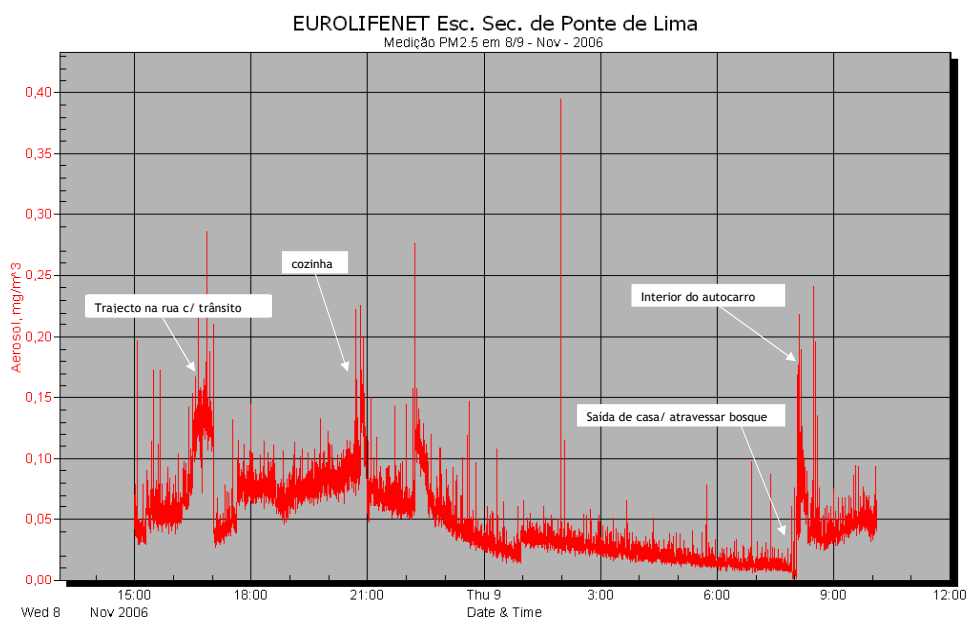



Figura 4.7 – Exemplo de um gráfico elaborado com os dados recolhidos com o AM510 SidePak, nos dias 8 e 9 de Novembro de 2006

Figura 4.8 - Mudança de filtros do amostrador fixo

Os alunos foram também responsáveis pela mudança diária dos filtros do amostrador fixo (figura 4.8).

Depois de terminada a 1ª campanha, a motivação dos alunos não esmoreceu e toda a sua curiosidade científica foi aplicada na definição de várias linhas de investigação de cariz CTSA (capítulo 2.2.2), realizadas em grupo, como:

- Investigação sobre a relação entre a concentração de PM2,5 e:
  - a presença/ ausência de quadros de giz nas salas de aula. Os alunos recolheram dados em duas salas da escola: uma com quadro de giz e outra com quadro branco e interpretaram os dados recolhidos.

- a prevalência de doenças respiratórias crónicas. Um dos grupos elaborou um inquérito sobre doenças respiratórias que passou à comunidade escolar, estabeleceu contacto com o delegado de saúde recebendo dados reais sobre a prevalência de pessoas com doenças respiratórias em Viana do Castelo.
  - a existência de determinados bio-indicadores (líquenes). O grupo responsável recolheu diversos líquenes em locais do trajecto feito com o analisador e procuraram estabelecer uma relação entre o número/ variedade de espécies e a concentração de PM 2,5 medida nos locais de recolha. Enviaram os seus resultados a alguns investigadores portugueses, mas apenas um investigador da Universidade de Aveiro respondeu. Entretanto o tempo lectivo avançou e não conseguiram terminar a sua investigação.

- Identificação de partículas de origem biológica presentes no ar da escola, através da utilização de meios de cultura. Os alunos elaboraram um meio de cultura para bactérias em caixas de Petri, autoclavaram, seleccionaram os locais da escola a estudar, colocaram as caixas de Petri abertas e uma fechada (controlo). Passado o tempo estipulado pelo grupo, retiraram as caixas de Petri e identificaram diferentes espécies de bactérias. Por fim, investigaram a relação entre a concentração de PM2,5 e a presença de microrganismos.

No desenrolar deste processo criativo e investigativo, os alunos mostraram grande empenho e satisfação no cumprimento das tarefas planificadas.

Desde o início do ano lectivo, os pais e encarregados de educação estiveram informados da realização do projecto e dos seus objectivos, tendo auxiliado os seus educandos na manipulação do analisador de PM durante a campanha, quando este se encontrava em casa. No final do ano lectivo, em conversa com o director de turma, os encarregados de educação mostravam perfeito conhecimento sobre o modo de funcionamento do AM510 SidePak e as PM, em especial as suas implicações na saúde humana.

A professora, em conjunto com a turma, recomenda a existência de um manual pedagógico simples, completo, ilustrado, com diferentes actividades e desafios, que possa ser preenchido pelos alunos e sirva também para retirar as dúvidas surgidas durante a campanha, de forma rápida. Este manual deveria ser apresentado e trabalhado na sala de aula, como método de resolução de problemas à medida que vão efectuar as suas descobertas sobre as características do aparelho, dando instruções claras sobre as diferentes funcionalidades, promovendo a reflexão e compreensão dos princípios e mecanismos implícitos ao seu funcionamento. Acrescentaram que também deveria fazer parte do manual um capítulo sobre a ligação e programação do AM510 SidePak ao computador e sua programação informática.

Analisando as informações fornecidas pela professora e pelos alunos, foi reformulado o manual de instruções do AM510 SidePak no sentido de aumentar o número de actividades do mesmo (Proposta D), constituindo, no final, um guião de todas as actividades que os alunos necessitarão de realizar com o mesmo. Foram reformulados os manuais dos alunos e do professor/ formador. Este tem parte do texto a azul (questões ou desafios lançados aos alunos) e parte cinzento (respostas que deverão ser dadas pelos alunos).

Esta proposta de trabalho encontra-se dividida em 5 partes:

Parte I- os alunos são desafiados a conhecer o Kit TSI, completando uma tabela com as funções dos seus elementos constituintes. Nesta actividade assinalámos cada constituinte com uma letra (de A a F) e acrescentámos uma tabela que os alunos deverão preencher com a denominação e/ ou função de cada constituinte.

Parte II- os alunos irão definir o que é o AM510 SidePak e explorar as características externas: dimensões, peso, componentes do painel lateral, botões do painel frontal, modos de fornecimento de energia e gestão da bateria. Optamos por colocar apenas fotografias dos painéis lateral e frontal, uma vez que são estes que contêm os componentes que queremos identificar e conhecer a função. Acrescentamos uma actividade para conhecer as funções de cada um dos sub-menus que constam do Menu Principal.

Parte III- os alunos vão estudar o funcionamento do SidePak, em especial: a forma de ligar/ desligar, o modo de vigilância, bloquear/ desbloquear o teclado, acertar e consultar o relógio, formatar e acertar a data, consultar a autonomia, definir o caudal de ar e o intervalo de medição, consultar e apagar os dados da memória, e calibrar o filtro externo de ar zero.

Figura 4.9 - Ligação do AM510 SidePak ao computador.

Parte IV- os alunos irão estudar a forma de comunicação entre o AM510 SidePak e o computador, (figura 4.9) aprendendo a instalar o software Trakpro™ *Data Analysis*, programar a recolha de dados do analisador, enviar dados para o computador e elaborar gráficos com os dados recolhidos.

Parte V- os alunos serão convidados a apresentar sugestões de transporte do material na campanha de recolha de dados. Estas sugestões surgem na forma de problemas que os alunos devem resolver com criatividade e autonomia.

Sugestões para os professores:

Os desafios surgem de diferentes formas, nos quais os alunos podem:

- Completar tabelas, como no exemplo da actividade de preencher a função dos botões do painel frontal do SidePak.

Faz a legenda da figura e completa a tabela III

Tabela III: Função do teclado do painel frontal do SidePak.

Componente	Legenda	Função
1	Tecla Principal	Ligar e desligar o aparelho. Esta tecla pode ser usada para aceder ao Menu principal e voltar para ao menu anterior.
2	Setas ▲ ▼	Mover os menus na vertical e alterar valores numéricos.
3	Tecla de confirmação	Executar os menus seleccionados e confirmar alterações.

- Elaborar listas, como é o caso da elaboração de uma lista com as condições/ alertas para uma boa gestão da fonte de energia escolhida.

Faz uma lista com as condições/ alertas para uma boa gestão da fonte de energia escolhida.

- Seguir instruções e verificar as funções realizadas, como no caso da formatação da data. Nestas actividades o título encontra-se em branco, devendo os alunos escrever o mesmo depois de descoberta a função correspondente.

____

Executa, com o SidePak, os passos 1 a 5.

1. Pressiona a tecla principal para aceder ao “MAIN MENU”
2. Carrega nas teclas ▲ ou ▼e selecciona SETUP com a tecla ↵
3. Selecciona o menu TIME/DATE com a tecla ↵
4. Selecciona FORMAT com a tecla ↵ e com as setas▲ ▼podes escolher um dos três formatos disponíveis:
   - yyyy/mm/dd (ano/mês/dia)
   - mm/dd/yyyy (mês/dia/ano)
   - **dd/mm/yyyy (dia/mês/ano)**
5. No final carrega novamente na tecla ↵ para confirmar e pressiona a tecla principal para voltar ao “SURVEY MODE”.

Qual a tarefa que estás a realizar quando executas estes passos? Preenche o título da actividade.

• Efectuar cálculos para encontrar uma resposta, como no caso do desafio "Faz uma estimativa do tempo necessário para carregar a bateria"

• Estabelecer correspondências correctas, como no exercício sobre os sub-menus do Menu Principal.

A tecla principal permite aceder ao **Menu Principal** do SidePak, onde podem ser seleccionados vários sub menus. Faz a correspondência correcta entre os sub-menus e as suas opções.

Sub-menu	Opções
Data Log	Contém três opções de recolha de dados: • RUN MANUAL (inicia imediatamente a recolha de partículas) • RUN PROG 1 e RUN PROG 2 iniciam a recolha pré-programada de partículas, utilizando o software TraKPro
Setup	**Permite:** • Definir a data e a hora • Ajustar o caudal de ar pretendido • Definir o factor de calibração • Escolher o intervalo de medição • Apagar os dados da memória
Statistics	Mostra estatísticas acerca dos dados recolhidos que estão em memória no analisador, incluindo: • Max: valor máximo de concentração recolhida • Min: valor mínimo de concentração recolhida • Avg: média dos valores de concentração recolhidos
Zero Cal	Permite calibrar o analisador com uma fonte externa de ar zero

• Descobrir autonomamente, através do simples manuseamento do SidePak, o seu modo de funcionamento, descrevendo os passos a seguir, como no caso do acerto do relógio do SidePak.

• Discutir questões, como por exemplo "Será que o aumento de fluxo de ar terá implicações no ruído do SidePak? " e "Existirá alguma relação entre o fluxo de ar e o consumo de energia do SidePak? Como poderás demonstrar a tua opinião?":

No caso das actividades acerca do fornecimento de energia, modo de vigilância, bloquear/ desbloquear, existem notas que não devem estar presentes antes de os alunos efectuarem a resposta aos desafios. Assim sendo, é nossa proposta que se deixe um espaço em branco no manual de instruções que possa ser posteriormente ocupado por uma colagem das mesmas.

As actividades referentes ao conhecimento do Kit TSI, características e funcionamento do SidePak foram pensadas para serem realizadas pelo grupo III e as actividades de programação e transporte do material durante as campanhas de recolha de dados, para o grupo IV.

No final, o manual de instruções deverá ficar guardado no portfólio de turma, pelo menos entre as campanhas de recolha de dados. Durante as campanhas poderá estar num local de fácil e rápido acesso, acordado previamente com todos os alunos.

A proposta A - Que a Poluição não nos caia na cabeça... ou nos entre corpo dentro! foi testada com 57 alunos de 3 turmas do 2º ano do Curso de Educação Básica da ESE-IPVC, em duas aulas da disciplina de Ciências Físico Naturais II, fazendo parte do conteúdo "Impacto da actividade humana sobre o ambiente – Poluição". Este teste permite avaliar o impacto das propostas para estimular a discussão/aprendizagem dos alunos, assim como aferir eventuais falhas e sugestões de melhora.

Na primeira aula de cada turma (150 minutos), a professora apresentou o tema "Poluição Atmosférica", questionando os alunos acerca desta realidade. Gerou-se uma discussão em grande grupo sobre quais os poluentes atmosféricos com maior impacte na nossa saúde, quais as doenças associadas a esses poluentes e quais os efeitos da má qualidade do ar nos ecossistemas. Posto isto, a docente projectou e discutiu com os alunos a actividade referente aos *Concept Cartoons*, iniciando com o cartoon "Os Poluentes atmosféricos". Na sua maioria, os alunos estão de acordo com a personagem A que refere "Penso que apenas conseguirás observar os poluentes sólidos." Apenas duas alunas concordaram com a personagem B "Impossível… todos os poluentes atmosféricos são gasosos! ". Um aluno colocou em causa a intervenção inicial da personagem que refere "Com este microscópio consigo observar alguns poluentes atmosféricos", uma vez que, segundo o mesmo, todos os poluentes atmosféricos teriam dimensões inferiores ao limite de resolução do microscópio óptico. Na discussão que se seguiu após ouvidas as opiniões dos alunos foi mencionado que os poluentes atmosféricos variam muito em relação às suas dimensões, algumas acima, outras abaixo do poder de resolução do microscópio óptico.

No cartoon "Jardim pensativo" a discussão foi mais demorada, uma vez que nem todos os alunos tinham presente que uma das funções das folhas das plantas é a realização da transpiração e foi necessário relembrar as funções da folha. Mesmo assim, alguns alunos não concordaram que a poluição atmosférica fosse responsável pela diminuição de transpiração nas plantas e pela perda de cor. A totalidade dos alunos referiu que a poluição atmosférica

afecta todos os seres vivos, permanecendo algumas dúvidas sobre a influência da poluição em espécies de bactérias.

Na actividade "Mudam-se os tempos", a concordância dos alunos foi muito baixa, havendo sensivelmente 60% de alunos a concordar com a personagem B "No meu tempo éramos muito mais saudáveis… não tinha nenhum colega de escola com asma!". Quando questionados do porquê desta escolha, os alunos iniciaram a sua argumentação dando exemplos de colegas que conhecem que têm doenças respiratórias crónicas. Nestas 3 turmas, existem 6 alunas com asma. Para os restantes 40%, a personagem C "Isso não é verdade, com o avanço da medicina, as doenças respiratórias estão a diminuir! ", tem razão argumentando que, com os avanços da medicina e da tecnologia, cada vez existem menos doenças e a esperança média de vida está a aumentar. Um dos alunos respondeu que não concordava com nenhuma das personagens, uma vez que não concorda com a sentença da personagem, que refere que "não tinha nenhum colega de escola com asma", pois, segundo ele, podiam existir colegas com asma, mas ele desconhecer.

Para finalizar a aula, foi projectado o cartoon "O que podemos fazer para melhorar a qualidade do ar?", ao que os alunos responderam que "devemos poluir menos". Quando interpelados sobre como podem agir para poluir menos a atmosfera, os alunos foram acrescentando várias ideias:

- Andar menos de carro e preferir os transportes públicos (foi a resposta mais referida);
- Escolher veículos a gasolina, em vez de diesel;
- Colocar filtros mais apertados nas indústrias;
- Não fumar (apenas 3 referiram o fumo do tabaco como um poluente);
- Fazer uma melhor gestão da energia eléctrica (1 aluno).

Nenhum aluno se referiu especificamente a evitar as fontes de partículas atmosféricas.

Para finalizar a aula, foi feito um balanço metodológico da aplicação deste tipo de actividade prática nos diferentes níveis de ensino. Os alunos concordaram, nas 3 turmas, que se trata de uma estratégia motivadora, que permite conhecer, à partida, as ideias prévias dos alunos, sendo um bom ponto de partida para a leccionação de diferentes conteúdos. Alguns acrescentaram ainda que é importante para estimular a comunicação entre alunos e entre alunos e o professor. Numa das turmas foi referido que o facto dos cartoons serem bastante coloridos e de mostrarem outros seres vivos que não o homem, ajuda a estimular a criatividade dos próprios alunos.

Na aula seguinte (150 minutos), a professora apresentou às 3 turmas o protocolo experimental que contém a questão-problema "O que "voa" por aí?". Duas turmas receberam o desafio n.º2 (turmas A e B) e uma turma (C) recebeu o protocolo experimental do desafio nº 3 (com menor grau de abertura). Conhecendo os seus alunos, a professora optou por não lhes entregar o protocolo referente ao desafio nº1.

Os alunos das turmas A e B reuniram-se em 7 grupos (capítulo 3.3), iniciaram o preenchimento das duas questões orientadoras, elaboraram o procedimento definido pelo grupo e colocaram o mesmo em prática. O protocolo experimental totalmente preenchido foi entregue 3 semanas mais tarde.

Na primeira questão "Quais são os principais constituintes do ar? (indica as percentagens relativas)" 7 grupos referiram o oxigénio e o azoto, 4 grupos referiram dióxido de carbono, 2 grupos referiram o "carbono", um grupo mencionou o vapor de água e outro referiu ainda o árgon e o néon. Na segunda questão "Além dos constituintes gasosos, o ar conterá outras entidades? Quais?" obtiveram-se as seguintes respostas: poeiras (7), bactérias (2), água líquida (3), micropartículas (2) e pólen (2).

Quanto ao procedimento, nenhum dos grupos decidiu utilizar as tampas de garrafa. Todos decidiram colocar o material adesivo directamente nas tiras de cartolina e esperar que este fixe as entidades sólidas.

Quanto ao material escolhido: 4 grupos preferiram a cola branca, dois grupos utilizaram cola transparente e um optou por fita-cola de dupla face. Um dos grupos optou por não utilizar papel branco, preferindo colocar cola transparente em acetato para depois observar as partículas ao microscópio óptico.

Quanto ao número e periodicidade das observações: um grupo decidiu colocar cola transparente, abanar ao ar para secar e iniciar a observação do material fixado. Quatro optaram por fazer observações diárias e dois decidiram observar 2 vezes ao dia.

Os grupos combinaram fazer 3 tiras de material que foram colocadas em dois locais do interior da escola (bar/ cantina e bar/ biblioteca) (figura 4.11) e num local do exterior (entrada da escola e jardim) (figura 4.10), definidos previamente pelos alunos.

Figura 4.10 - Tiras de cartolina colocadas na entrada da escola.

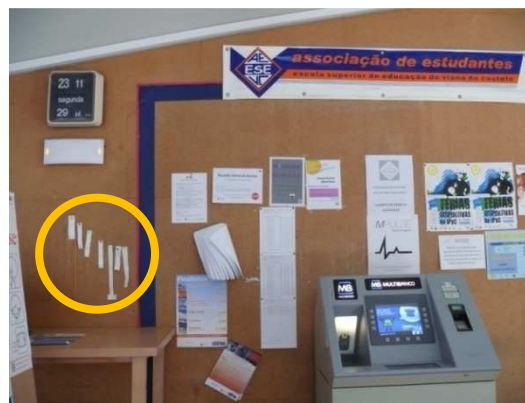



Figura 4.11 - Tiras de cartolina colocadas no bar da escola.

Passadas duas semanas foram recolhidas as tiras de cartolina, os alunos observaram, interpretaram e registaram os seus resultados:

- A cola branca não foi uma boa opção: ”verificamos que antes de a cola secar algumas partículas sólidas visíveis colaram-se nas tiras de papel, mas ao secar a cola não houve mais alterações” e “não verificamos diferenças entre os diferentes dias, visto que a cola secava passado algum tempo. Esta experiência seria ajustada apenas a 1 hora (…), em vez de dias.”
- Um dos grupos que utilizou cola transparente escreveu que “a cola por nós usada secou rapidamente impedindo qualquer partícula de se aderir no período subsequente aos 10 minutos por nós previstos.”
- Alguns referiram que as tiras de papel escureceram “a tira que estava no bar apresenta pequenas partículas de pó, sem grande alteração na cor do papel. A tira da cantina apresenta ainda menos partículas (…), na tira colocada junto ao pinheiro nota-se maior concentração de partículas, e o papel tem uma cor mais amarelada”.
- O grupo que utilizou a fita dupla face registou que se trata de uma boa opção, ficando escurecido pelas partículas que aderiram, acrescentando que “nos primeiros dias não foram observadas grandes mudanças, só ao fim de uma semana e meia é que foi possível comprovar a existência de partículas visíveis a olho nu”. Este grupo referiu que observou mais partículas no adesivo colocado no exterior (jardim da escola) e menos partículas no adesivo colocado no bar. A fita de dupla face mostrou ser um material que mantém por um tempo superior as suas propriedades adesivas, caso os alunos adoptem este procedimento.
- Notaram diferenciação em relação ao tipo de partículas encontradas nos experimentos do exterior e do interior “Podemos constatar através das tiras de papel,

que colocamos no interior do edifício, que o que se observa são partículas de pó e no exterior, para além dessas, há também pólen."

- Quanto à utilização do microscópio, foi escrito "No microscópio, o papel não deixa passar a luz, pelo que não se pôde ver as partículas que existiam. O melhor seria utilizar o papel de acetato" e "Podemos concluir que as partículas que se encontram em suspensão no ar são de dimensões de tal ordem reduzidas que nos foi impossível observar o quer que seja no microscópio disponível no laboratório e cuja ampliação máxima é de 100x.".

Na turma C formaram-se 4 grupos de trabalho (capítulo 3.3), foram elaboradas as respostas às duas questões orientadoras e foi posto em prática o procedimento descrito no protocolo experimental entregue pela docente. Após três semanas, cada um dos grupos entregou o seu relatório da actividade.

As respostas às questões iniciais foram semelhantes aos alunos da outra turma. Estes alunos já tinham informação sobre o procedimento escolhido, apenas tinham que o seguir para obter os seus resultados. Os alunos referiram que:

- "Verifica-se que existem zonas das cartolinas mais ou menos escurecidas (…) é possível observar que a cartolina colocada na cantina possui uma tonalidade mais escura em torno da auréola da primeira tampa retirada. A auréola correspondente à tampa removida no segundo dia possui um nível intermédio de PM. Por fim, analisando e comparando a auréola da última tampa retirada verifica-se que é a que possui a tonalidade mais clara, logo será a que esteve menos exposta às PM. "
- As faixas de cola espalhadas pela cartolina são "os locais onde se verifica a existência de partículas de maiores dimensões".
- "As cartolinas não foram colocadas em locais muito poluídos, pois a sua tonalidade não foi amplamente escurecida."
- "O resultado obtido é positivo, pois indica que não há tanta poluição do ar, no local escolhido. (…) O facto é que Viana do Castelo não é uma cidade poluída."

Quanto à questão de discussão, que era igual para as 3 turmas, os alunos apresentaram respostas muito diversas e criativas acerca da utilização de um aspirador para determinar a presença de micro partículas no ar:

- Um grupo sugeriu que se poderia fazer um meio de cultura para bactérias numa caixa de Petri, deixá-la aberta perto de um aspirador em funcionamento, e depois

fechar e colocar numa estufa (temperatura óptima). Passado algum tempo iriam observar as colónias de bactérias que se desenvolveram no meio de cultura.

- Outro grupo indicou que se poderiam colocar filtros cada vez mais finos (recolher amostras de partículas de diferentes dimensões) ao longo do tubo de aspiração e ligar o aspirador durante algum tempo e recolher os mesmos ao fim de desligar o aparelho. Os filtros poderiam ser observados ao microscópio óptico, ou ao microscópio electrónico de varrimento (caso houvesse um disponível).
- Dois grupos referiram que se pode abrir o saco do aspirador para encontrar partículas que foram aspiradas.
- Colocar um aspirador com filtro em funcionamento e verificar a existência de partículas depositadas no filtro de ar.

Depois de analisados os registos dos alunos acerca desta actividade, podemos registar que:

- Todos os grupos que realizaram o desafio 2 planificaram um procedimento em que as PM fossem observadas directamente (a olho nu ou com a ajuda do microscópio) no material adesivo e não de forma indirecta através da interpretação do escurecimento do papel.
- Quando confrontados com a sugestão de utilizar um material para o qual não atribuíram utilidade, neste caso as tampas de garrafa, preferiram omiti-lo do que pensar de forma criativa num procedimento que o englobe.
- Os alunos não se mostraram intimidados pelo facto de não encontrarem grandes diferenças nos seus experimentos entre o início e o final da actividade, referindo dever-se à diminuta concentração de partículas nos locais seleccionados.
- Algumas tiras foram vandalizadas, sendo retiradas dos locais seleccionados.
- Para evitar o surgimento ou recalque de concepções alternativas, decidimos modificar a Questão-Problema para "Quais as entidades presentes no ar que ventilamos?" uma vez que nenhuma "voa por aí".

4.4. Página da internet

É do conhecimento geral a ênfase dada pelo ME à utilização das TIC em prol de uma melhoria da qualidade e eficácia da educação (capítulo 2.2.3). No entanto, muitas vezes os

professores utilizam o computador, em contexto escolar, de forma expositiva, em geral a acompanhar a explicitação de conteúdos teóricos.

É importante que os professores possam conhecer formas alternativas, criativas e simples de utilizar as TIC na sala de aula.

A globalização da utilização das TIC massificou a comunicação entre as pessoas, esbatendo as barreiras nacionais, permitindo a circulação real e virtual de informação. A internet permitiu criar uma s*ociedade de rede, aberta e interactiva*, podendo hoje em dia falar-se em "cibercidadãos" ou "netizens" [48].

Uma página de internet trata-se de uma ferramenta educativa actual, de acesso fácil e generalizado, interactiva, interessante, motivadora para os alunos. Estes podem utilizá-la de forma mais lúdica e autónoma, promovendo a auto-aprendizagem. O utilizador tem o *poder* de consultar a informação pretendida pela ordem escolhida, escolhendo o próprio caminho de aprendizagem. Permite, pois, a realização de inúmeras actividades de exploração adequadas à construção de várias competências propostas para os alunos que frequentam o ES, desde que se tenha um computador com ligação à Internet.

No que respeita à área da educação, a abordagem de utilização das TIC como ferramenta permite que a aprendizagem não se restrinja à sala de aula, possibilita a exploração de novas ideias com o professor, permite produzir e obter a informação necessária em qualquer altura ou lugar, colaborar utilizando o chat e outras ferramentas/software, aprender ao seu próprio ritmo e a baixo custo ou mesmo zero [154], entre outros. Pode ainda ser utilizada na sala de aula com recurso a um quadro interactivo, potenciando os recursos que a Internet oferece na exploração, produção e disponibilização de novo conhecimento.

No entanto, é necessário orientar os alunos na avaliação da informação encontrada, ajudando-os a identificar parâmetros que os orientem nesse processo [59]. Neste contexto, a supervisão atenta do professor é fundamental.

Neste sentido, elaboramos uma página de internet onde se encontram reunidos os materiais produzidos neste trabalho, acompanhados por um enquadramento teórico e por sugestões de utilização dos mesmos. Esta abordagem está em linha de conta com a reforma do sistema educativo, interligando com o plano tecnológico para a área da Educação.

4.4.1- Estrutura

A página na Internet intitula-se "KitEurolifenet-Ciència Viva" e poderá ser acedida em www.ese.ipvc.pt/kecv.

Foi nossa preocupação construir um sítio na Internet com cores e imagens bem combinadas e apelativas que motivem os alunos para a utilização da mesma, com vários tópicos de escolha interactiva, de navegação fácil, intuitiva e prática. As imagens que surgem possuem tamanhos pequenos estando em formato JPG ou GIF.

A primeira página – página inicial (figura 4.12), contém o título, logótipos, contactos e duas barras de conteúdos. (horizontal e vertical).

Na barra horizontal encontram-se botões verdes que permitem acesso a informação sobre o projecto, área de alunos, área de professores, links de consulta e bibliografia utilizada na elaboração do material disponibilizado.

Na barra vertical os botões não têm todos a mesma cor:

- Os roxos: são botões de ligação a materiais que já estão elaborados e podem ser descarregados e guardados no computador, ou impressos.
- Os azuis: são botões que ligam a espaços de criatividade e responsabilidade a elaborar, organizar e utilizar pelos alunos, com a supervisão do professor.

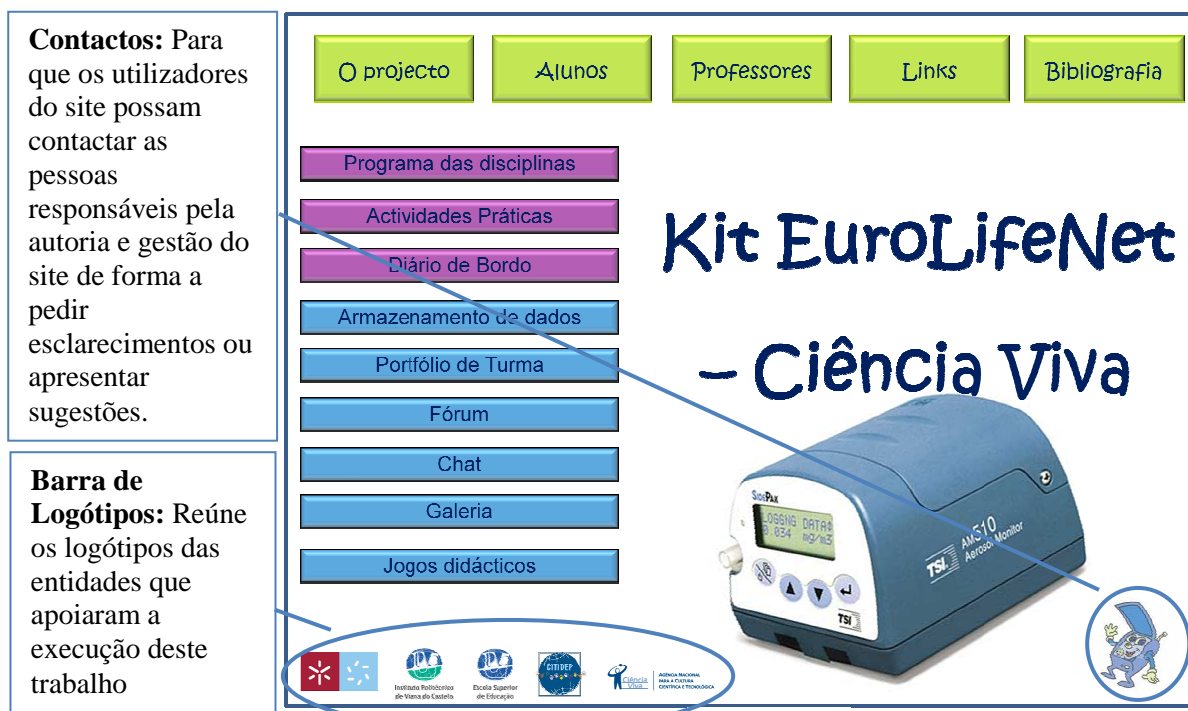



Figura 4.12 – Rosto da página da internet "Kit *EuroLifeNet - Ciência Viva*".

As páginas interiores possuem sempre um botão que permite ao utilizador aceder à Página inicial (figura 4.13).

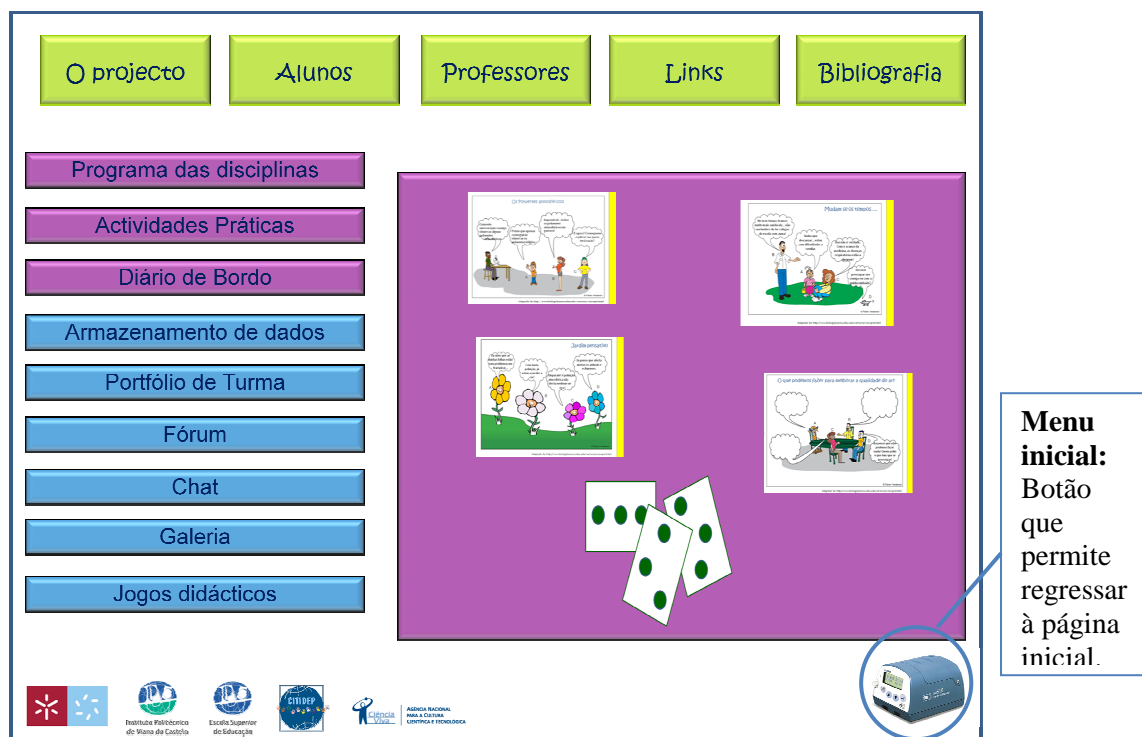



Figura 4.13 – Actividades práticas do "Kit *EuroLifeNet - Ciência Viva*".

O material elaborado pode ser acedido e descarregado a partir desta página. Parte deste material está organizado na plataforma educativa Moodle. O Moodle é um pacote de software livre (*Open Source*) dirigido para a produção de sítios na Internet. É um projecto em contínuo desenvolvimento que permite uma abordagem sócio-construtivista do ensino [155]. Esta plataforma é já bastante utilizada nas escolas portuguesas para disponibilizar/ partilhar recursos digitais e informações, podendo também ser utilizado para avaliação de trabalhos.

4.4.2- Conteúdos

Os conteúdos encontram-se divididos numa **barra vertical** e numa **barra horizontal**

Barra Horizontal (conteúdos gerais)	
	O botão "Projecto" dá ligação a uma descrição sumária do que é o projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*, seus objectivos e resultados esperados.

Alunos

Este botão dá acesso a uma área do Moodle para os alunos envolvidos no projecto.

Os alunos têm acesso:

- às fichas de instituições/ ONG's da Proposta B- Instituições e ON... o quê?
- às fichas da actividade Já inalaste PM's hoje?
- ao manual de instruções do AM510 SidePak correspondente à Proposta D - Bisbilhotices Atmosféricas

Estas propostas podem ser descarregadas e guardadas no computador ou impressas em papel.

Professores

Este botão dá acesso à área dos Professores que pertencem ao projecto.

Apenas os professores poderão aceder a estas páginas, uma vez que existe um código de acesso. Aqui encontram-se os materiais elaborados exclusivamente para professores, como por exemplo:

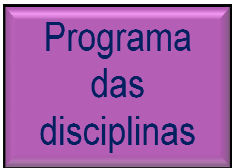
- Sugestão de organização e calendarização das actividades ao longo de um ano lectivo (organigrama)
- Sugestões de implementação das actividades da proposta A- Que a Poluição não nos caia na cabeça... ou nos entre corpo dentro!: *Concept Cartoons* e protocolos experimentais Enti(ci)dades
- Lista de Instituições e ONG's nacionais e internacionais.
- Informações e sugestões bibliográficas sobre as PM 2,5.
- Manual (pedagógico) de instruções completo do AM510 SidePak
- Manual de instruções do *AM510 SidePak Personal Aerossol Monitor* (encontra-se em Inglês).

Tratam-se de ferramentas que auxiliam os professores a preparar, complementar e organizar o seu trabalho com a turma.

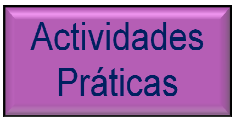
Links

Neste espaço encontram-se listados vários links relacionados com:

- Educação para a Cidadania
- Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: aprendendo/ exercendo cidadania medindo a qualidade do ar*
- Poluição atmosférica, saúde humana e equilíbrio dos ecossistemas

A consulta destes links poderá servir para aumentar e consolidar conhecimentos de forma mais autónoma.

A posteriori poderão ser acrescentados links para outros recursos e actividades virtuais.

Bibliografia

Aqui podem ser consultadas as referências bibliográficas relacionadas com Poluição Atmosférica e Qualidade do Ar que foram utilizadas na construção do sítio.

Barra Vertical (contém materiais que podem ser descarregados pelos utilizadores)

Programa das disciplinas

Os professores, alunos e encarregados de educação podem encontrar aqui os links para consultar os programas de Biologia e Geologia (10º e 11º anos), Ciências Físicas e Químicas (10º e 11º anos), Biologia (12º ano), Geologia (12º ano), Química (12º ano), Física (12º ano) e Área de Projecto (12º ano).

A consulta dos programas pode permitir a adaptação das actividades propostas e sua inserção no contexto de outras disciplinas.

Actividades Práticas

Ao clicar neste botão, irão surgir hiperligações para actividades práticas que foram construídas para serem realizadas pelos alunos, funcionando como actividades de motivação ao estudo da Poluição Atmosférica e Qualidade do Ar.

Poderão encontrar:

- o protocolo experimental Enti(ci)dades (1º desafio)
- *Concept cartoons* para discussão em grande grupo.

A qualquer momento, poderão ser acrescentadas actividades práticas a este espaço, não se encontrando fechado.

Diário de Bordo

O botão dá acesso ao diário de bordo em formato Word e Excel, que os professores ou alunos poderão descarregar, imprimir e preencher ao longo da 1ª campanha de recolha de PM2,5.

Armazenamento de dados

O botão dará acesso a uma página de Moodle onde serão organizados e guardados os dados referentes à recolha de partículas, podendo ser recolhidos antes, depois ou durante as campanhas.

Apenas o professor terá permissão para colocar os dados. No entanto, todos os alunos poderão acedê-los e até guardar no seu próprio computador, estando disponíveis para consultas e para elaboração de gráficos de concentração de partículas, através da utilização do Trakpro™ Data Analysis Software.

Constitui uma forma simples e fácil guardar, organizar e partilhar os dados obtidos.

Portfólio de Turma

Ao longo das aulas de AP, os alunos deverão juntar o resultado do seu trabalho num portefólio único de turma, onde poderão ser encontrados todos os trabalhos efectuados ao longo de um ano lectivo.

Neste espaço, os alunos poderão arquivar, em formato digital, os trabalhos já desenvolvidos na plataforma Moodle.

Assim sendo, este portfólio será concebido e gerido por toda a turma, sob orientação do professor responsável, auxiliando a avaliação dos próprios alunos e dos professores.

Aqui podem descarregar a lista de verificação do portfólio final de turma.

Fórum

Este projecto não se encontra circunscrito ao espaço da sala de aula, nem tão pouco de uma escola.

Os alunos poderão comunicar regularmente com os colegas de outras escolas e com os professores, técnicos e cientistas que fazem parte do Programa *EuroLifeNet*, através deste fórum de troca de informação, colocando as suas questões, relatando os seus progressos, dúvidas, informações pertinentes, enfim, encurtando a distância, aumentando a rede de ligações (humanas e de conhecimento). Trata-se de um espaço de partilha.

Chat

A ferramenta do Moodle "Chat" permite a comunicação em tempo real, o que pode ser uma mais valia para os alunos e professores, permitindo uma comunicação rápida (e gratuita) em espaços diferentes.

Galeria

Neste espaço poderão ser colocadas fotografias ou vídeos das actividades realizadas pelos alunos e seus professores, dentro e fora do recinto escolar.

Jogos didácticos

Ao longo do decurso deste projecto, os alunos serão convidados a construir jogos didácticos para diferentes níveis de ensino. Estes poderão ficar guardados neste espaço, de forma a permitir o seu acesso por parte de outros intervenientes.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Neste capítulo serão apresentadas algumas considerações sobre o trabalho realizado (5.1) e algumas sugestões para investigações futuras (5.2)

5.1- Considerações finais

É pois um percurso conjunto que chega ao fim... ou talvez apenas a um outro degrau de existência.

Quando acreditamos num projecto, ele não fica acorrentado numa prateleira, mas solto na mente e na vontade.

Este trabalho permitiu-nos fazer uma revisão da literatura, conhecer, detectar problemas no Ensino das Ciências em Portugal e pensar em sugestões que possam ser um contributo nesta contínua Resolução de Problemas de todos os dias nas escolas.

Numa segunda parte, investigamos um tema actual que constitui uma ameaça real: a Poluição Atmosférica e a Qualidade do Ar, em especial a influência das desconhecidas (para a maioria dos cidadãos) partículas inaláveis. Assinalámos as principais implicações na saúde dos seres humanos e no desequilíbrio dos ecossistemas.

Com vontade de actuar metodológica e cientificamente, elaboramos uma proposta de implementação e organização para um ano lectivo de AP e quatro propostas de actividades com propósitos e desafios distintos, porque sabemos que os alunos também não são todos iguais. As propostas de actividade são muito distintas, abarcando actividades para reflexão e discussão como os *concept cartoons*, três protocolos para os alunos desenvolverem trabalho prático experimental, desafios que remetem para a realização de trabalho prático investigativo e um manual de instruções que os alunos deverão completar para descobrir as características e funcionalidades do analisador de partículas utilizado.

Apenas nos foi possível testar, com alunos do 12º ano, em AP, o manual de instruções do analisador AM510 SidePak. O feedback foi positivo por parte dos alunos e da professora, enriquecido com algumas sugestões de modificação referidas no capítulo 4.3. Partimos para a reformulação do material. Com alunos do 2º ano do curso de Educação Básica da ESE-IPVC testamos as actividades relativas à proposta A.

Do caminho realizado restam-nos as seguintes considerações:

- A metodologia utilizada e os materiais testados mostraram motivar os alunos, interessando-os pelo trabalho que estão a desenvolver, obtendo uma visão mais próxima da ciência. Os alunos conseguiram torná-la *sua*, criando pequenas investigações, explorando inúmeras possibilidades de resolver os problemas processuais e procedimentais que surgiram [156]. Na Escola Secundária de Ponte de Lima, o trabalho continuou no ano lectivo seguinte, com alunos do 10º ano de escolaridade, que apresentaram uma comunicação no I Congresso Viver Ambiente, que decorreu na Universidade do Minho [157].
- Conseguiram preencher com facilidade o manual de instruções testado, referindo que gostariam que ele tivesse mais desafios para investigarem e, assim, de forma indutiva e até um pouco lúdica, conhecer melhor outras funcionalidades do AM510 SidePak. Tiveram oportunidade de contactar com tecnologias sofisticadas e de trabalhar em parceria com cientistas que se disponibilizaram a colaborar e a satisfazer as suas dúvidas [157].
- O Projecto *EuroLifeNet - Ciência Viva: Aprendendo/ exercendo cidadania, medindo a qualidade do ar* permitiu o *envolvimento cidadão dos jovens que nele participam, transformando-os em intervenientes na produção de conhecimento sobre a qualidade do ar e fazendo, através disso, com que se assumam como co-responsáveis pelas condições ambientais que determinam a qualidade de vida de si próprios e dos seus concidadãos,* sendo inequívoco que (…) *consistiu numa experiência relevante que terá cumprido os seus principais objectivos: produzir conhecimento científico e exercitar cidadania ambiental* [156].
- Na bibliografia utilizada encontramos várias referências à importância da motivação dos alunos como motor da própria aprendizagem. O Kit EuroLifeNet-Ciência Viva constitui uma forma acessível e simples de envolver os alunos na produção de novos conhecimentos e na curiosidade de explorar outros caminhos e encontrar outras respostas. Foi nossa prioridade criar actividades pedagogicamente diversificadas, desafiadoras, permitindo aos alunos assumirem um papel mais activo no seu processo de Ensino/ Aprendizagem.
- A disponibilização do Kit EuroLifeNet-Ciência Viva na internet permite um acesso rápido e generalizado das propostas de materiais didácticos.
- A proposta didáctica elaborada pode ser adaptada a outros projectos.

Mas e o professor? Acreditamos que também é fundamental que o professor se encontre motivado para dirigir uma turma de alunos tão díspares. Acreditamos que a implementação

das actividades propostas com os seus alunos poderá ser raiz de prazer e entusiasmo, não apenas por se aperceber do entusiasmo dos seus alunos, mas também por poder aplicar uma metodologia baseada no aluno e no seu desenvolvimento enquanto ser informado, responsável e participativo.

5.2- Sugestões para futuros projectos

Estando integrado num programa com muitas outras acções, este trabalho poderá servir como ponto de partida para outros projectos, como:

- Avaliação do impacto que este projecto tem nas escolas (comunidade escolar) em termos de conhecimento, mudança de atitudes, consciencialização ambiental, averiguando a existência de alguma mudança na realidade escolar;
- Estudo da relação dos dados recolhidos referentes a diferentes concentrações de poluentes atmosféricos com a incidência de algumas doenças epidemiológicas do foro respiratório;
- Construção de material de apoio com base nos dados recolhidos pelos alunos, direccionado aos decisores políticos;
- Criação de oportunidades descentralizadas de utilização de kits com material para o desenvolvimento de actividades práticas, destinadas a dois tipos diferentes de realidades escolares (urbana e rural);
- Realização de actividades de encontro e discussão de experiências e resultados entre os diferentes alunos e respectivos professores envolvidos no projecto, por contacto directo ou videoconferência;
- Avaliação da fidelidade dos dados recolhidos pelos alunos.

BIBLIOGRAFIA

[1] Oxfam, *Education for Global Citizenship: A Guide for Schools*. Oxford: Oxfam Development Education Programme, 2006.

[2] Pedrosa, M. e Leite, L. *Educação científica, exercício de cidadania e gestão sustentável de resíduos domésticos - fundamentos de um questionário*. Em Actas do XVII Congreso ENCIGA, 2004.

[3] Roque, A. *et al*. *A educação para a cidadania nos currículos* - http://www.cidadania-educacao.pt/Nova%20pasta/material/A%20EDUCA%C3%87AO%20PARA%20A%20CIDADANIA%20NOS%20CURR%C3%8DCULOS.pdf, consultado em 19-08-2008 (2005).

[4] Lei nº 49/2005 de 30 de Agosto, publicado no Diário da República Portuguesa, Série I, n.º 166.

[5] Decreto-Lei n.º 74/2004 de 26 de Março, publicado no Diário da República Portuguesa, I Série – A, n.º 73.

[6] Oxfam, *Getting started with Global Citizenship: A Guide for New Teachers*. Oxford: Oxfam's Education and Youth Programme, 2008.

[7] Nogueira, C. e Saavedra, L. *Educação para a cidadania activa: (re)pensar o papel dos professores*. Em Actas do VI Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho, 589-617, 2001.

[8] Agenda 21 Local - http://www.agenda21local.info/index.php, consultado em 16-08-2008.

[9] Cabral, J. e Silva J. (Ed.), *Ambiente e desenvolvimento - Pensar - Global; Agir - local*. Espaço Oikos: Lisboa, 1999.

[10] Fórum Educação para a Cidadania, *Objectivos Estratégicos e Recomendações para um Plano de Acção de Educação e de Formação para a Cidadania*. Lisboa: Fórum Educação para a Cidadania, 2008.

[11] UK Department for International Development - www.dfid.gov.uk, consultado em16-08-2008.

[12] Afonso, M., *Educação para a cidadania em Portugal*. Em Ministério da Educação - DEB (Ed), *Flexibilidade Curricular, Cidadania e Comunicação*. Ministério da Educação - DEB: Lisboa, p. 449-467, 2004.

[13] Lei nº 49/2005 de 30 de Agosto, publicado no Diário da República Portuguesa, I Série – A, n.º 166.

[14] Figueiredo, C., *Horizontes da Educação para a Cidadania na Educação Básica*. Lisboa: Ministério da Educação - DEB, 2002.

[15] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 - Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido*. Coimbra: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2007.

[16] Freitas, M. *Concepções de desenvolvimento sustentável em estudantes de uma licenciatura em educação, em Portugal. Implicações para a reorientação curricular no âmbito da década das NU*. Em Actas I Congresso Internacional Educación, Lenguaje y Sociedad, Tensiones Educativas en América Latina. La Pampa: Faculdad de Ciências Humanas da Universidad Nacioal de La Pampa, *2004.*

[17] Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura, *Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014) - Contributos para a sua dinamização em Portugal*. Lisboa: Comissão Nacional da UNESCO - Portugal, 2006.

[18] Pinto, L., *Educar para uma cidadania global?*. Cadernos d'inducar, 2005: p. 10.

[19] Bonito, J., *As actividades práticas no ensino das geociências - Um estudo que procura a conceptualização*. Ministério da Educação: Lisboa, 2001.

[20] Cachapuz, A., Praia J., e Jorge, M., *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Ministério da Educação – Instituto de Inovação Educacional: Lisboa, 2002.

[21] Sequeira, M. e Leite, L., *A história da ciência no ensino - aprendizagem das ciências.* Revista Portuguesa de Educação, 1988. **1**(2): p. 29-40.

[22] Santos, M., *Mudança Conceptual na Sala de Aula - Um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. Livros Horizonte: Lisboa, 1998.

[23] Santos, F., *Que futuro? Ciência, tecnologia, desenvolvimento e ambiente*. Gradiva: Lisboa, 2007.

[24] Leite, L. e Afonso, A., *Aprendizagem baseada na resolução de problemas. Características, organização e supervisão.* Boletín das Ciencias, 2001. (48): p. 253-260.

[25] Pedrosa, M., *Ensino das Ciências e Trabalhos Práticos - (Re) Conceptualizar..*. Em Veríssimo, A., Pedrosa, A. e Ribeiro, R. (Ed), *(Re)Pensar o Ensino das Ciências*. Ministério da Educação - DES: Lisboa, p. 19-33, 2001.

[26] Vasconcelos, C., Praia, J. e Almeida, L., *Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem.* Psicologia Escolar e Educacional, 2003. **7**(1): p. 11-19.

[27] Silva, S. e Núñez, I., *O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teórico-metodológicas.* Química Nova, 2002. **25**(6B): p. 1197-1203.

[28] Costa, J., *Educação em ciências: novas orientações*. Millenium, 2000. (19).

[29] Freire, A., *Mudança de concepções de ensino dos professores num processo de reforma curricular*. Em Ministério da Educação - DEB (Ed), *Flexibilidade Curricular, Cidadania e Comunicação*. Ministério da Educação - DEB: Lisboa, p. 265-280, 2004.

[30] Cubero, R., *Perspectivas Construtivistas - La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Grao: Barcelona, 2006.

[31] Chaves, R. e Pinto, C. *Actividades de trabalho experimental no ensino das ciências: um plano de intervenção com alunos do ensino básico.* Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2005. **Número extra** (VII Congreso).

[32] Fontes, C., Vieira, A. e Gonçalves, A. *As TIC em Portugal: que rumos?.* Em Actas da I Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação em Educação. Braga: Universidade do Minho, 513-526, 1999.

[33] Martins, I., *Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português.* Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2002. **1**(1).

[34] Praia, J. e Cachapuz, A., *Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético.* Revista CTS, 2005. **2**(6): p. 173-194.

[35] Kumar, D. e Chubin, D., *Science, technology and society: a sourcebook on research and practice*. Kluwer Academy/ Plenum Publisher: Nova York, 2000.

[36] Vieira, C. e Vieira, R., *Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico.* Ciência & Educação, 2005. **11**(2): p. 191-211.

[37] Matos, M., Pedrosa, M. e Canavarro, J., *Interrelações CTS e aprendizagens significativas em química: Recursos para uma intervenção.* Em Membiela P. e Padilla, Y. (Ed), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editora: Vigo, p. 110-116, 2005.

[38] Carmona, A., *Relaciones CTS en el estudio de la contaminación atmosférica: una experiencia con studiantes de secundaria.* Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2005. **4**(2): p. 17.

[39] Chassot, A., *Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social.* Revista Brasileira de Educação, 2003. (22): p. 89-100.

[40] Lorenzetti, L. e Delizoicov, D., *Alfabetização científica no contexto das séries iniciais*. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências, 2001. **3**(1): p. 1-17.

[41] Vieira, R. e Martins, I., *Práticas de professores do Ensino Básico orientadas numa perspectiva CTS-PC impacte de um programa de formação.* Em Membiela P. e Padilla, Y. (Ed), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editora: Vigo, p. 79-86, 2005.

[42] Díaz, J., Alonso, Á. e Mas, M., *Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas.* Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2003. **2**(2).

[43] Magalhães, S. e Tenreiro, C., *Educação em Ciências para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores.* Revista Portuguesa de Educação, 2006. **19**(2): p. 85-110.

[44] Magalhães, S. e Tenreiro-Vieira, C., *Educação em Ciências para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores.* Revista Portuguesa de Educação, 2006. **19**(2): p. 85-110.

[45] Palacios, E. *et al.*, *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. Organización de Estados Iberoamericanos: Madrid, 2001.

[46] Pedrosa, M. e Henriques, M., *Diminuir distâncias entre escolas e cidadãos - experiências em formação inicial de professores de ciências*. Em Membiela P. e Padilla, Y. (Ed), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editora: Vigo, p. 64-73, 2005.

[47] Membiela, P., *Towards the reform of science teaching in Spain: the social and personal relevance of junior secondary school science projects for a socially responsible understanding of science.* International Journal of Science Education, 1999. **21**(7): p. 721-730.

[48] Patrocínio, T. *Tecnologia, educação e cidadania na sociedade actual* - http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt20037292430Tecnologia.pdf, consultado em 02-09-2008 (2000).

[49] Ministério da Educação - Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação - http://www.gepe.min-edu.pt/np4/estatísticas, consultado em 01-09-2008.

[50] Ministério da Educação - Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação, *Estudo de Diagnóstico: a modernização tecnológica do sistema de ensino em Portugal*. Lisboa: Ministério da Educação - Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação, 2007.

[51] Miranda, G., *Limites e possibilidades das TIC na educação.* Sísifo/ Revista de Ciências da Educação, 2007. (3): p. 41-50.

[52] João, S., *Programa de Tecnologias da Informação e Comunicação - 9º e 10º anos*. Lisboa: Ministério da Educação – DGIDC, 2003.

[53] Decreto-Lei n.º 7/2001 de 18 de Janeiro, publicado no Diário da República Portuguesa, I Série – A, n.º 17.

[54] Brilha, J. e Legoinha, P., *Internet: uma nova estratégia para o Ensino das Ciências da Terra*. Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro, 1998. **84**(2): H8-H11.

[55] Peralta, H. e Costa, F., *Competência e confiança dos professores no uso das TIC. Síntese de um estudo internacional.* Sísifo/ Revista de Ciências da Educação, 2007. (3): p. 77-86.

[56] Morais, C. e Paiva, J., *Simulação digital e actividades experimentais em Físico-Químicas. Estudo piloto sobre o impacto do recurso "Ponto de fusão e ponto de ebulição" no 7.º ano de escolaridade.* Sísifo/ Revista de Ciências da Educação, 2007. (3): p. 101-112.

[57] Duarte, M. e Silva, J., *O computador no ensino/aprendizagem das ciências: uma nova forma de utilização.* Revista Portuguesa de Educação, 1995. **8**(2): p. 69-78.

[58] Figueiredo, J. *Importância da Internet para o ensino/aprendizagem de Geologia*. Em Actas do XXIII Curso de Actualização de Professores de Geociências. Coimbra: Associação Portuguesa de Geólogos, 2003.

[59] Carvalho, A., *Rentabilizar a Internet no Ensino Básico e Secundário: dos Recursos e Ferramentas Online aos LMS.* Sísifo/ Revista de Ciências da Educação, 2007. (3): p. 25-40.

[60] Brilha, J. *As TIC nos curricula dos cursos de formação de professores de Ciências Naturais*. Em Actas da II Conferência Internacional de Tecnologias da Informação e Comunicação em Educação. Braga: Universidade do Minho, 885-894, 2001.

[61] Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy - A Framework for PISA 2006*. Paris: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, 2006.

[62] Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, *Panorama da Educação: Indicadores da OCDE – Edição 2006, Sumário em Português*. Paris: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico, 2006.

[63] Pinto-Ferreira, C., Serrão, A. e Padinha, L., *PISA 2006 – Competências científicas dos alunos portugueses*. Lisboa: Ministério da Educação – GAVE, 2007.

[64] Fundação Calouste Gulbenkian - www.gulbenkian.pt, consultado em 12-07-2008

[65] Ministério da Ciência Tecnologia e Ensino Superior - www.mctes.pt, consultado em 01-09-2008.

[66] Ciência Viva – Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica - www.cienciaviva.pt, consultado em 01-09-2008.

[67] Fundação para a Ciência e a Tecnologia - www.fct.mctes.pt, consultado em 01-09-2008.

[68] Ministério da Educação. *Discurso da ministra da Educação, Maria de Lurdes Rodrigues, na apresentação do Plano Tecnológico da Educação* - www.min-edu.pt/np3/921.html, consultado em 01-09-2008 (2007).

[69] Ministério da Educação. *Plano Tecnológico da Educação* - www.escola.gov.pt/inicio.asp, consultado em 01-09-2008.

[70] Ministério da Educação. *Ciências Experimentais no Ensino Básico* - http://sitio.dgidc.min-edu.pt/experimentais/Paginas/Ciencias-Experimentais_EB.aspx, consultado em 05-10-2008.

[71] Agência Portuguesa do Ambiente. *Projecto Carbon Force* - http://www.iambiente.pt/portal/page?_pageid=73,408080&_dad=portal&_schema=PORTAL&actualmenu=11575708&docs=11568411&cboui=11568411&menu_childmenu=10141004, consultado em 15-08-2008.

[72] Associação Portuguesa de Educação Ambiental. *Carta da Terra - Instrumento de Sustentabilidade* - http://www.aspea.org/carta%20terra_InSust_projecto.htm, consultado em 15-08-2008.

[73] EDP. *O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia* - http://www.edp.pt/EDPI/Internet/PT/Group/Sustainability/EnergyEfficiency/EDPHelps/Iniciativas/default.htm, consultado em 15-08-2008.

[74] CITIDEP. *EuroLifeNet* - http://www.eurolifenet.eu/elnintro.html, consultado em 15-08-2008.

[75] Ministério da Educação, *Documento Orientador da Revisão Curricular Ensino Secundário*. Lisboa: Ministério da Educação, 2003.

[76] Duarte, M. (coord.), *Estudo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário - Segundo Relatório*. Lisboa: Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário, 2006.

[77] Duarte, M. (coord), *Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário - Recomendações*. Lisboa: Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário, 2007.

[78] Ministério da Educação. *Alterações curriculares nos cursos científico-humanísticos* - www.min-edu.pt/np3/945.html, consultado em 01-09-2008 (2007).

[79] Portaria n.º 1322/2007 de 4 de Outubro, publicado no Diário da República Portuguesa, I série, n.º 192.

[80] Ministério da Educação, *Orientações: Área de Projecto dos Cursos Científico-Humanísticos Projecto Tecnológico dos Cursos Tecnológicos 12º Ano*. Lisboa: Ministério da Educação - DGIDC, 2006.

[81] Decreto-Lei n.º 272/2007 de 26 de Julho, publicado no Diário da República Portuguesa, I série, n.º 143.

[82] Leite, E. e Santos, M. *A Área de Projecto e a Metodologia de Trabalho de Projecto: da intenção à concretização* - http://www.dgidc.min-edu.pt/inovbasic/biblioteca/excertos/area_projecto_parte_2.pdf, consultado em 21-08-2007 (2004).

[83] Pacheco, J. *Área de projecto e/ou projecto tecnológico no Ensino Secundário*. Em Actas do Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho, 585-591, 2001.

[84] Duarte, M. (coord), *Estudo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário - Quarto Relatório*. Lisboa: Grupo de Avaliação e Acompanhamento da Implementação da Reforma do Ensino Secundário, 2006.

[85] Many, E. e Guimarães, S., *Como abordar... A metodologia de Trabalho de Projecto*. Areal Editores: Porto, 2006.

[86] Buck Institute for Education. *Handbook: Introduction to Project Based Learning* - http://www.bie.org/files/BIE_PBLintro.pdf, consultado em 21-08-2007.

[87] Edutopia. *Why is project-based learning important? An explanation of the significance of project-based learning* - www.edutopia.org/teaching-module-pbl-why, consultado em 21-08-2007.

[88] Leite, E. e Santos, M. *Metodologia do Trabalho de Projecto* - http://www.dgidc.min-edu.pt/inovbasic/biblioteca/excertos/area_projecto_parte_1.pdf, consultado em 21-08-2007 (2004).

[89] Houghton Mifflin - College Division. *Project-Based Learning* - http://college.cengage.com/education/resources/res_project/students/c2007/background.html, consultado em 21-08-2007.

[90] The Multimedia Project. *Project-based learning with multimedia* - http://pblmm.k12.ca.us/topics_main.htm, consultado em 21-08-2007.

[91] Center for Occupational Research and Development. *Project-Based Learning* - www.cord.org/project-based-learning-resources, consultado em 21-08-2007.

[92] Edutopia. *What Is Project-Based Learning About?* - www.edutopia.org/teaching-module-pbl-what, consultado em 21-08-2007.

[93] Monteiro, M., *Área de projecto 12.º - Dossier do professor*. Porto Editora: Porto, 2007.

[94] Edutopia. *How Does Project-Based Learning Work?* - http://www.edutopia.org/teaching-module-pbl-how, consultado em 21-08-2007.

[95] Borrego, C. e Valente, J. *Ambiente e Saúde: um desafio à sustentabilidade.* Em Actas do Encontro de Zonas Húmidas: desafios e oportunidades de gestão sustentável. Águeda: Câmara Municipal de Águeda, 2008 (no prelo).

[96] Resolução do Conselho de Ministros n.º 91/2008 de 4 de Junho, publicado no Diário da República Portuguesa, I série, n.º 107.

[97] Silva, L. e Mendes, J., *Determinação do Índice de Qualidade do Ar numa Cidade de Média Dimensão.* Engenharia Civil, 2006. (27): p. 63-74.

[98] Castro, A. *et al*. (Ed), *O Ambiente e a Saúde*. Instituto Piaget Editora: Lisboa, 2003.

[99] Agência Europeia do Ambiente, *Europe's environment - The fourth assessment*. Copenhaga: Agência Europeia do Ambiente, 2007.

[100] Pepper, I., Gerba, C. e Brusseau, M. (Ed), *Pollution Science*. Academic Press: California.

[101] Molnár, P., *Elemental composition of fine particles: exposure in the general population and influence from different sources*, em *Department of Public Health and Community Medicine*. 2007, Universidade de Göteborg: Göteborg. p. 56.

[102] Harrison, R. (Ed), *Pollution: causes, effects, and control*. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 1996.

[103] Air Pollution: What's the Solution? - Project. *Paticulate Matter Primer* - http://www.ciese.org/curriculum/airproj/pmprimer.html, consultado em 12-09-2008.

[104] U.S. Environmental Protection Agency. *Health and Environment* - www.epa.gov/air/particlepollution/health.html, consultado em 16/11/2008.

[105] Agência Europeia do Ambiente. *About air pollution* - www.eea.europa.eu/themes/air/about-air-pollution, consultado em 31-12-2008.

[106] Agência Portuguesa do Ambiente. *O que é o Índice de Qualidade do Ar?* - http://www2.dao.ua.pt/gemac/previsao_qar/iaq.htm, consultado em 11-01-2008 (2006).

[107] Agência Portuguesa do Ambiente. *Qualidade do Ar em Portugal: Base de dados On-line sobre Qualidade do Ar* - www.qualar.org, consultado em 15-08-2008].

[108] Cross-agency U.S. Government. *Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health* - http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibroch.aqi#intro, consultado em 31-12-2008.

[109] Valente, J. e Borrego C. *A Saúde e o ar que Respiramos*, Em Actas do Encontro de Zonas Húmidas: desafios e oportunidades de gestão sustentável. Águeda: Câmara Municipal de Águeda, 2008(no prelo.

[110] Brickus, L. e Neto, F., *A Qualidade do Ar de Interiores e a Química*. Química Nova, 1999. **22**(1): p. 65-72.

[111] U.S. Environmental Protection Agency, *Guidelines for Developing an Air Quality (Ozone and PM2.5) Forecasting Program*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2003.

[112] Organização Mundial da Saúde, *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Copenhaga: Organização Mundial da Saúde, 2003.

[113] Green Facts. *Scientific Facts on Source document: Air Pollution; Particulate Matter* - www.greenfacts.org, consultado em 21-08-2007 (2005).

[114] Lameiras, H., *Relatório da Qualidade do Ar na Região Centro - 2006*. Coimbra: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, 2006.

[115] Environmental Health in Minnesota. *Air Quality: Particle Matter Factsheet* - www.health.state.mn.us/divs/eh/air/pm.htm, consultado em 19/08/2008 (2007).

[116] Agência Europeia do Ambiente, *Air pollution in Europe 1990–2004*. Copenhaga: Agência Europeia do Ambiente, 2007.

[117] Organização Mundial da Saúde, *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Copenhaga: Organização Mundial da Saúde, 2006.

[118] Suzuki, N. e Taylor, B., *Particulate matter in British Columbia: a report on PM10 and PM2.5 mass concentrations up to 2000*. British Columbia: Ministry of Water, Land and Air Protection e Environment Canada Pacific and Yukon Region, 2003.

[119] Vallius, M., *Characteristics and sources of fine Particulate Matter in urban air*. Kuopio: University of Kuopio, 2005.

[120] Canadian Environmental Protection Act, *National ambient air quality objectives for particulate matter*. Ontario: Canadian Environmental Protection Act, 1998.

[121] Petrovic, V., *Particulate matters from diesel engine exhaust emission.* Thermal Science, 2008. **12**(2): p. 183-198.

[122] Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu, publicado no Jornal Oficial da União Europeia, Série L.

[123] Governo Australiano. *Fact sheet - Particulate matter* - http://www.npi.gov.au/epg/npi/contextual_info/glossary.html, consultado em 15/08/2008.

[124] Schwartz, J., *Ripeness Is All.* American Journal of Epidemiology, 2006. **164**(5): p. 434-436.

[125] Agência Portuguesa do Ambiente. *Partículas em Suspensão* - www.apambiente.pt/Instrumentos/Planoaccao/PartSupens/Paginas/default.aspx, consultado em 11-01-2008.

[126] Agência Europeia do Ambiente, *Environment and health*. Copenhaga: Agência Europeia do Ambiente, 2005.

[127] Symons, J. *et al., A Case-Crossover Study of Fine Particulate Matter Air Pollution and Onset of Congestive Heart Failure Symptom Exacerbation Leading to Hospitalization.* American Journal of Epidemiology, 2006. **164**(5): p. 421-433.

[128] Brunekreef, B. e Forsberg, B., *Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health.* European Respiratory Journal, 2005. **26**(2): p. 309-318.

[129] Organização Mundial da Saúde, *WHO air quality guidelines global update 2005 - Report on a Working Group meeting*. Bona: Organização Mundial da Saúde, 2005.

[130] National Academy of Sciences. *Research Priorities for Airborne Particulate Matter: IV. Continuing Research Progress*. The National Academies Press: Washington, 2004.

[131] Organização Mundial da Saúde, *Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFE Report on a WHO working group meeting*. Copenhaga: Organização Mundial da Saúde, 2004.

[132] Agência Europeia do Ambiente. *Epaedia - Environment explained: Breathing problems* - http://epaedia.eea.europa.eu/page.php?pid=380, consultado em 09-03-2008 (2008).

[133] Annesi-Maesano, I. *et al., Particulate matter, science and EU policy*. European Respiratory Journal, 2007. **29**(3): p. 428-431.

[134] Agência Europeia do Ambiente. *Potential reduction in total annual premature deaths (central estimate and 95 % confidence interval (CI)) among people 30 years and over in 26 APHEIS cities* - http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2678, consultado em 09-03-2008 (2007).

[135] Agência Portuguesa do Ambiente. *Programa CAFE (Clean Air For Europe) / Estratégia Temática sobre Poluição Atmosférica* - www.apambiente.pt/Paginas/default.aspx, consultado em 11-01-2008.

[136] EduGreen. *Indoor air pollution* - http://edugreen.teri.res.in/explore/air/indoor.htm, consultado em 12-09-2008.

[137] ADENE. *Perguntas e respostas sobre o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, na vertente da Qualidade Interior do Ar (RSECE-QAI) estabelecido pelo D.L. 79/2006 de 4 de Abril* - www.adene.pt/NR/rdonlyres/0949E26A-36ED-4E1C-99B5-1E87E134869F/532/PRRSECEQAI.pdf, consultado em 12-09-2008 (2008).

[138] Santos, I. *Qualidade do Ar Interior: A Experiência dos EUA* - www.ordemengenheiros.pt/Portals/0/ColAmb-S2_A2.pdf, consultado em 12-09-2008 (2006).

[139] Davison, D. e Hewitt, C. (Ed), *Air Pollution in the United Kingdom*. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 1997.

[140] ADENE. *Processo da Certificação: Qualidade do Ar Interior* - www.adene.pt/ADENE/Canais/SubPortais/SCE/SCE/ProcessodaCertificacao/Qualidade+do+Ar+Interior.htm, consultado em 12-09-2008.

[141] Agência Portuguesa do Ambiente. *Qualidade do ar interior (QAI)* - www.apambiente.pt/POLITICASAMBIENTE/AR/QUALIDADEARINTERIOR/Paginas/default.aspx, consultado em 11-01-2008.

[142] CITIDEP. *Centro de Investigação de Tecnologias de Informação para uma Democracia Participativa* - www.citidep.pt, consultado em 05-10-2007.

[143] Le Tertre, A., Schwartz, J. e Touloumi, G., *Empirical Bayes and Adjusted Estimates Approach to Estimating the Relation of Mortality to Exposure of PM10*. Risk Analysis, 2005. **25**(3): p. 711-718.

[144] Vilaça, M., *Acção e competência de acção em educação sexual: uma investigação com professores e alunos do 3º ciclo do ensino básico e do ensino secundário*, em *Instituto de Educação e Psicologia*. 2006, Universidade do Minho: Braga. p. 803.

[145] Cristóvão, A. *Desenvolvimento rural, democracia e participação local*. Em Actas do Congresso 30 Anos da APAP - A Paisagem da Democracia. Porto: Associação Portuguesa de Arquitectos Paisagistas, 113-122, 2006.

[146] Trust Science Innovation. *Exposure Monitoring - SidePak AM510 Personal Aerosol Monitor* - www.tsi.katowice.pl/D/SidePak.pdf, consultado em 10-02-2009.

[147] Trust Science Innovation. *Exposure Monitoring* - www.tsi.com/uploadedFiles/Product_Information/Literature/Application_Notes/ITI-085.pdf, consultado em 10-02-2009.

[148] Tobacco Free Air. *Exposure Monitoring* - http://tobaccofreeair.org/downloads/SidePakSp2980194RevG_specifications.pdf, consultado em 10-02-2009.

[149] Trust Science Innovation. *TrakPro Data Analysis Software - Installation Guide* - www.tsi.com/uploadedFiles/Product_Information/Literature/Installation_Instructions/TrakProInstallationGuide.pdf, consultado em 10-08-2006 (2006).

[150] Dourado, L., *Trabalho Prático (TP), Trabalho Laboratorial (TL), Trabalho de Campo (TC) e Trabalho Experimental (TE) no Ensino das Ciências - contributo para uma clarificação de termos.* Em Veríssimo, A., Pedrosa, A. e Ribeiro, R. (Ed), *(Re)Pensar o Ensino das Ciências*. Ministério da Educação - DES: Lisboa, p. 13-18, 2001.

[151] Naylor, S. e Keogh, B., *Concept cartoons in science education*. Millgate House: Cheshire, 2004.

[152] Leite, L., *Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências*. Em Caetano, H e Santos, M. (Ed), *Cadernos Didácticos de Ciências, Vol. I*. Ministério da Educação - Departamento de Ensino Secundário: Lisboa, p. 79-97, 2001.

[153] Trust Science Innovation, *Model AM510 SidePak Personal Aerosol Monitor - User Guide*. Shoreview: Trust Science Innovation, 2003.

[154] Page, J. *The Ten Fundamental Reasons for technology in education-* http://www.mathopenref.com/site/techreasons.html, consultado em 04/02/2009 (2007).

[155] Moodle. *Sobre o Moodle* - http://docs.moodle.org/pt/Sobre_o_Moodle, consultado em 02-09-2008.

[156] Gonçalves, A. e Guerra, J., *EuroLifeNet - Análise Sociológica dos Impactos nos Valores e nas Atitudes Sociais dos Estudantes sobre a Poluição do Ar*. Lisboa: ISCTE e ICS-UL, 2007.

[157] Brandão, D. *et al*. *EuroLifeNet - Fazer Ciência na Escola*. No I Congresso Viver Ambiente. Braga: Universidade do Minho, 2008.